



Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg - på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2009

Kjølholt, Jesper; Arnbjerg-Nielsen, Karsten; Olsen, Dorte ; Jørgensen, Karl-Richard

Publication date:
2011

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Kjølholt, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Olsen, D., & Jørgensen, K-R. (2011). *Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg - på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2009*. Naturstyrelsen. http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/DD2C5F5F-332F-49A2-B249-C9FF4C94AA46/135936/Noegletal_for_miljoefarlige_stoffer_Renseanlaeg_19.pdf

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Miljøministeriet
Naturstyrelsen

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

– på baggrund af data fra det
nationale overvågningsprogram
for punktkilder 1998-2009

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renselanlæg

Titel:

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renselanlæg – på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2009.

Emneord:

NOVANA, renselanlæg, spildevand, udledning, monitoring, miljøfremmede stoffer, metaller.

Forfattere:

Jesper Kjølholt, COWI
Karsten Arnbjerg-Nielsen
Dorthe Olsen, COWI
Karl-Richard Jørgensen, COWI

Udgiver:

Naturstyrelsen

Ansvarlig institution:

Naturstyrelsen Vestjylland

Sprog:

Dansk

År:

2011

Copyright©:

Må citeres med kildeangivelse
Naturstyrelsen, Miljøministeriet

URL:

<http://www.naturstyrelsen.dk/>

ISBN:

978-87-7279-285-9

Udgiverkategori:

Statslig

Resume:

Naturstyrelsen Vestjylland er fagdatacenter for punktkilder i forbindelse med det nationale overvågningsprogram NOVANA. I dette program udarbejdes der jævnlige rapporter med resultater fra overvågningen. Denne udgivelse er en afrapportering af de indsamlede data for miljøfarlige stoffer fra renselanlæg for perioden 1998-2009.

Indhold

Sammendrag og konklusioner.....	3
Baggrund	3
Formål	3
Konklusioner og anbefalinger	4
Summary and conclusions	5
Background and objectives	5
Main conclusions and recommendations.....	5
1 Indledning.....	7
1.1 Baggrund.....	7
1.2 Formål	7
1.3 Rapportens opbygning	7
1.4 Projektorganisation	8
2 Punktkildeprogrammet for miljøfarlige stoffer på renseanlæg	9
2.1 Oversigt over renseanlæg i Danmark	9
2.2 Renseanlæg under punktkildeprogrammet.....	10
2.3 Undersøgellesprogrammet under punktkildeprogrammet	12
2.3.1 NOVA 1998-2003	12
2.3.2 NOVANA 2004-2009	13
2.3.3 Punktkildeprogrammet fremover	13
3 Metode	14
3.1 Datagrundlag og -bearbejdning	14
3.2 Statistiske analyser og vurderinger.....	15
3.3 Andre analyser og vurderinger.....	15
4 Statistiske analyser og vurderinger	16
4.1 Analyse af fordeling af data.....	16
4.2 Modeller til forklaring af variationer	17
4.2.1 Beskrivelse af modellerne	18
4.2.2 Metode for tolkning af modellerne	19
4.2.3 Resultat af modellerne	20
4.2.4 Modeller for COD versus miljøfarlige stoffer	26
4.3 Nøgletal	28
4.4 Sammenfatning/konklusion	31
5 Nøgletal for miljøfarlige stoffer	32
5.1 Tungmetaller og uorganiske sporstoffer	32
5.2 Miljøfremmede stoffer	33
5.3 Almindelige spildevandsparametre	38
5.4 Stofreduktioner og udledninger til vandmiljøet.....	39
5.5 Diskussion	41

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

6	Implikationer for overvågningsprogrammet.....	43
7	Overordnede konklusioner og anbefalinger	44
8	Referencer.....	46
Bilag 1:	Detaljerede data vedr. nøgletal og fraktiler	47
Bilag 2:	Tidsmæssig udvikling i koncentrationer af tungmetaller i indløb og udløb fra renseanlæg	53
Bilag 3:	Sammenhæng mellem koncentrationer af COD og tungmetaller i udløb fra renseanlæg.....	57

Sammendrag og konklusioner

Baggrund

Det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet (NOVA 2003, nu NOVANA) har siden 1998 foruden overvågning af udledning af NPo også omfattet overvågning af udledning af miljøfarlige stoffer fra punktkilder, herunder udvalgte renseanlæg. Formålet har været at leve op til Danmarks internationale rapporteringsforpligtelser på området samt opfylde nationale behov så som at følge effekten af forskellige indsatsplaner, ikke mindst vandmiljøplanerne.

En sammenfatning af resultaterne af overvågningsprogrammet for perioden 1998-2003 er tidligere udarbejdet og overvågningsperioden 2004-2009 vil blive afrapporteret på lignende vis. Ud over denne afrapportering har By- og Landskabsstyrelsen ønsket at få undersøgt, om der ud fra det store antal data om miljøfarlige stoffer kan identificeres sammenhænge mellem stofkoncentrationer og andre faktorer knyttet til spildevandet eller anlæggene, beregnes samlede stofudledninger eller optimere den fremtidige overvågning.

Formål

Formålet med projektet har derfor været at bearbejde og afrapportere de indsamlede data for miljøfarlige stoffer fra renseanlæg for perioden 1998-2009 på en måde så de, hvis de indsamlede data i øvrigt muliggør det, kan benyttes til den fremtidige overvågning, i forbindelse med vandplanlægning samt til vurderinger af samlede stofudledninger.

Projektindhold

Hovedindholdet i projektet har været at bearbejde de indsamlede overvågningsdata (rådata) om miljøfarlige stoffer og analysere dem statistisk med henblik på at etablere nøgletal¹ og identificere mulige korrelationer med andre faktorer. De anvendte data og statistiske metoder beskrives og resultaterne af de enkelte analyser gennemgås.

Desuden indeholder rapporten en kort præsentation af punktkildeprogrammets opbygning og indhold samt af de renseanlæg, der indgår i programmet, herunder en vurdering af deres repræsentativitet i forhold til samtlige danske anlæg under vandmiljøplanen og de resterende, mindre anlæg.

Endelig beskrives kort, hvilke implikationer de udførte analyser af datamaterialet og de opnåede resultater kan have for punktkildeprogrammet og rapporten afsluttes med en opsamling af overordnede konklusioner og anbefalinger.

¹ Ved **nøgletal** forstås i dette projekt og denne rapport det bedste bud på den årlige middelværdi for et givet stof i henholdsvis indløb og udløb fra et renseanlæg.

Konklusioner og anbefalinger

Projektets overordnede konklusioner og anbefalinger kan opsummeres i følgende punkter:

- Renseanlæggene, der er omfattet af punktkildeprogrammet, er repræsentative for en stor del af den samlede spildevandsmængde, der udledes fra danske renselanlæg, men ikke særligt repræsentative for anlæggenes antalsmæssige sammensætning (hverken ift. størrelse eller type). Dette er ændret i forslaget til fremtidigt måleprogram.
- Det er ved analysen af data i dette projekt konstateret, at forklaringsgraden (R^2) ikke er tilstrækkeligt god til, at der kan opstilles tilstrækkeligt sikre modeller for stofindholdet som funktion af anlægsstørrelse, -type eller belastningsgrad etc.
- Det er endvidere påvist, at der er en væsentlig samvariation mellem de generelle spildevandsparametre (f.eks. COD og SS) og de miljøfarlige stoffer, men det er ikke på baggrund af materialet muligt at fastslå med bestemthed, hvorvidt og hvordan en sådan samvariation kan operationaliseres fremadrettet.
- Nøgletal for i alt 76 stoffer, 18 metaller/uorganiske sporstoffer og 58 organiske miljøfremmede stoffer, er opstillet for indløb (alle 76 stoffer) og udløb (37 af disse) baseret på samtlige måledata for hvert stof uden brug af eventuelle forklarende variable.
- Med udgangspunkt i nøgletallene er der for de 37 stoffer, hvor nøgletal har kunnet opstilles for både indløb og udløb, beregnet overordnede, gennemsnitlige reduktionsfaktorer ved passage af et renselanlæg samt estimer på den gennemsnitlige samlede årlige udledning af stofferne til det danske vandmiljø. Reduktionsfaktorerne må ikke forveksles med rensesgrader, dvs. de kan ikke anvendes til at beregne udledninger fra enkelte anlæg.
- Datamaterialets beskaffenhed har bevirket, at det har været begrænset, hvilke analyser, der har kunnet udføres og give anvendelige resultater. Det vil efter vores vurdering være muligt at rette op på en del af dette i fremtidige generationer af punktkildeprogrammet uden væsentlige økonomiske konsekvenser, mens andet formentlig vil kunne håndteres gennem mere detaljerede analyser af de målinger, der allerede er udført. Det vil f.eks. være muligt at opstille intervaller for nøgletal for yderligere en række stoffer.
Det anbefales i næste generation af programmet at sikre:
 - en større bredde i sammensætningen af anlæg mht. type og størrelse, hvis det er et ønske at få betydningen af disse faktorer belyst,
 - at generelle spildevandsvariable (SS, COD m.fl.) bliver målt systematisk i prøverne,
 - at variationen i detektionsgrænserne bliver nedbragt (større krav til laboratorierne), og
 - at der måles både opløst og totalt indhold af metaller/uorg. sporstoffer i prøverne.

Summary and conclusions

Background and objectives

The Danish national surveillance programme for the aquatic environment (formerly NOVA 2003, now NOVANA) has since 1998 included monitoring of trace elements and organic xenobiotics in discharges from sewage treatment plants (STPs) and other point sources. The aim of the point source programme is to ensure that Denmark meets its international reporting obligations within this area and to monitor the effect of various action plans, not least the different generations of the national Action Plan for the Aquatic Environment.

The results of the surveillance programme from 1998-2003 has previously been summarized and reported, and a similar report is being prepared for the period 2004-2009. In addition to this, the Agency for Spatial and Environmental Planning (BLST) has wished to investigate whether it is possible to exploit the substantial number of data generated e.g. to establish general correlations between substance concentrations and other factors associated with the sewage or with treatment plant characteristics.

Hence, the objective of this study has been to analyse and report the point source data on metals and xenobiotics for the period 1998-2009 in a way enabling use of the information in the planning of future surveillance programmes and for assessment of the total amount of substances discharged from Danish sewage treatment plants. The means to achieve this has been to establish "Nation Mean Concentrations" (NMCs)² for substance concentrations in inlets and outlets from STPs and to identify possible correlations with relevant variables.

Main conclusions and recommendations

The main conclusions and recommendations of the project are the following:

- The sewage treatment plants (STPs) included in the point source programme represent a significant fraction of the total volume of treated sewage effluent from Danish STPs. The plants are less representative with regard to the composition at national scale (i.e. in numbers), with regard to size and technology (type of treatment).
- The statistical analysis of data showed that the coefficient of determination (R^2) is not sufficient to enable establishment of reliable, quantitative models for the content of the hazardous substances (trace elements and xenobiotics) as a function of size, treatment type or relative load of the STP.

² NMC, "Nation Mean Concentration", signifies in this report the best estimate of the national annual mean value of the concentration of a substance in urban sewage at the inlet to and outlet from a sewage treatment plant, respectively.

- Further, it has been demonstrated that there is a considerable co-variance between a general sewage parameter such as COD and the hazardous substances but with the data available it was not possible to determine with sufficient certainty to what extent and how such a co-variance can be exploited and made operational.
- National Mean Concentrations (NMC) have been established for a total of 76 substances at inlets to and outlets from Danish STPs, 18 metals/trace elements and 58 organic xenobiotics, based on the total number of monitoring data of each substance but without correlating these to possible explanatory variables. Inlet NMCs were established for all 76 substances while outlet NMCs were established for 37 of these.
- Mean, national level reduction factors for passage of substances through an STP have been calculated for the 37 substances for which inlet as well as outlet NMCs were possible to establish. Based on these factors, estimates were made of the mean national annual discharges of the 37 substances to the Danish aquatic environment. These mean reduction factors should not be mistaken for treatment efficiencies in the traditional sense, i.e. they cannot be used for calculations at individual STPs.
- The quality and completeness of the data material has put some limitations on the possibilities of performing statistical analyses and obtaining operational results. In our opinion it is possible to improve on this in forthcoming generations of the point source surveillance programme without significant economical consequences and some outstanding issues can probably be addressed through more detailed analyses of the existing material. Further analysis will probably lead to assessment of NMCs for an additional number of substances.

Regarding the next generation of the programme it is proposed:

- to obtain more variety in the composition of STPs selected for the programme with regard to treatment type and plant size etc. if further clarification of the significance of these factors is desired,
- to ensure that general sewage parameters such as COD, SS etc. will be measured systematically and concurrently with the trace elements and organic xenobiotics,
- to reduce the present variation in detection limits e.g. through higher performance requirements to the laboratory/-ies used, and
- to determine the dissolved fraction as well as the total content of metals/inorganic trace elements in the samples (to enable check in relation to EQS compliance).

1 Indledning

1.1 Baggrund

Det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet (NOVA 2003, nu NOVANA) har siden 1998 foruden overvågning af udledning af NPo også omfattet overvågning af udledning af miljøfarlige stoffer fra punktkilder, herunder udvalgte renseanlæg. Formålet har været at leve op til Danmarks internationale rapporteringsforpligtelser på området samt opfylde nationale behov så som at følge effekten af forskellige indsatsplaner, ikke mindst vandmiljøplanerne.

En sammenfatning af resultaterne af overvågningsprogrammet for perioden 1998-2003 er tidligere udarbejdet af DMU og udgivet som faglig rapport nr. 585 (DMU, 2005).

Overvågningsperioden 2004-2009 er nu afsluttet og skal afrapporteres på lignende vis, lige som et opdateret punktkildeprogram for de kommende år er planlagt og vedtaget.

Ud over en samlet afrapportering for perioden 1998-2009 har By- og Landskabsstyrelsen ønsket at få undersøgt, om der ud fra det store antal data om miljøfarlige stoffer, som er blevet genereret under punktkildeprogrammet, kan identificeres mulige iboende sammenhænge mellem stofkoncentrationer og andre faktorer knyttet til spildevandet eller anlæggene, beregnes samlede stofudledninger eller optimere fremtidige overvågningsprogrammer.

1.2 Formål

Formålet med projektet har derfor været at få bearbejdet og afrapporteret de indsamlede data for miljøfarlige stoffer fra renseanlæg for perioden 1998-2009 på en måde så de, hvis de indsamlede data i øvrigt muliggør det, kan benyttes til den fremtidige overvågning, vandplanlægning og vurderinger af samlede stofudledninger. Dette gøres bl.a. ved at generere relevante korrelationer og nøgletal³ og dokumentere disses anvendelighed.

1.3 Rapportens opbygning

Hovedindholdet i projektet har været at bearbejde de indsamlede overvågningsdata (rådata) om miljøfarlige stoffer og underkaste dem forskellige statistiske analyser med henblik på at etablere nøgletal og identificere mulige korrelationer med andre faktorer.

Indledningsvis (kapitel 2) er det valgt at sætte de ydre rammer for projektet ved at beskrive punktkildeprogrammets opbygning og indhold og de ændringer, der er foretaget undervejs. I kapitlet præsenteres desuden de renseanlæg, der indgår i programmet, og deres repræsentativitet vurderes i forhold til samtlige danske anlæg under vandmiljøplanen og de resterende, mindre anlæg (> 30 PE).

³ Ved **nøgletal** forstås i dette projekt og denne rapport det bedste bud på den årlige middelværdi for et givet stof i henholdsvis indløb og udløb fra et renseanlæg.

Kapitel 3 indeholder en beskrivelse af anvendte data og metoder, herunder hvilke bearbejdninger og statistiske analyser, der er gennemført, samt hvilke afgrænsninger i datamaterialet, der er foretaget.

En overordnet gennemgang af de udførte statistiske analyser og deres resultater, herunder korrelationer med anlægs- og spildevandsfaktorer samt over tid, foretages i kapitel 4, mens kapitel 5 gennemgår de nøgletal, der konkret er beregnet for de enkelte miljøfarlige stoffer.

I kapitel 6 beskrives kort hvilke implikationer de udførte analyser af datamaterialet og de opnåede resultater kan have for punktkildeprogrammet . Rapporten afsluttes (kapitel 7) med en opsamling af overordnede konklusioner og anbefalinger.

1.4 Projektorganisation

Projektet er fra By- og Landskabsstyrelsens side gennemført med Anders Cold, Miljøcenter Roskilde og Berit Borksted, Miljøcenter Odense som projektansvarlige og medlemmer af følgegruppen. Der er afholdt tre møder i følgegruppen; umiddelbart efter projektopstarten, midtvejs i forløbet og i forbindelse med aflevering af udkast til rapport.

COWI A/S har været den projektudførende part med Jesper Kjølholt som projektleder og med Karsten Arnbjerg-Nielsen (selvstændig underrådgiver) som ansvarlig for de statistiske analyser. Dorthe Olsen har været ansvarlig for dataudtræk og -bearbejdninger, mens Karl-Richard Jørgensen har bidraget med perspektivering i forhold til punktkildeprogrammets anlæg og øvrige danske renseanlæg. Jesper Kjølholt og Karsten Arnbjerg-Nielsen har deltaget i følgegruppemøderne.

2 Punktkildeprogrammet for miljøfarlige stoffer på renseanlæg

Dette kapitel giver, for at sætte de ydre rammer for projektet, indledningvis en oversigt over de danske renseanlæg med hensyn til størrelse, type mv samt en kort præsentation af de anlæg, der indgår i punktkildeprogrammet for miljøfarlige stoffer, og en vurdering af deres repræsentativitet i forhold til danske renseanlæg generelt. Endelig indeholder kapitlet en oversigtlig gennemgang af punktkildeprogrammet for miljøfarlige stoffer i delperioderne 1998-2003 og 2004-2009.

2.1 Oversigt over renseanlæg i Danmark

Siden den første vandmiljøplan trådte i kraft i 1987 har de danske renseanlæg kunne opdeles i to hovedgrupper; dem der er omfattet af vandmiljøplanen og dens krav, og dem som ikke er. Generelt skal anlæg have en dimensioneret kapacitet større end 15.000 personækvivalenter (PE) for at være omfattet af vandmiljøplanens bestemmelser. I 2008 omfattede planen i alt ca. 260 anlæg, der tilsammen renser mere end 90 % af den samlede spildevandsmængde i Danmark.

Der laves belastningsopgørelser for alle renseanlæg større end 30 PE, og i 2008 blev der lavet belastningsopgørelser for 1055 renseanlæg, der var registreret som værende større end 30 PE (BLST, Punktkilderapport 2008). Anlæggene fordelte sig med hensyn til størrelse som vist i Tabel 2-1.

Tabel 2-1

Oversigt over størrelsesfordelingen af danske renseanlæg > 30 PE.

PE	Antal
>30	1.055
>500	587
>2.000	423
>5.000	272
>15.000	143
>50.000	67
>100.000	38

I Tabel 2-2 gives en oversigt over de udledte mængder af rensset spildevand fordelt på hovedgrupper af anlægstyper hhv. før vandmiljøplanen, i 1993 og i 2008 (BLST, Punktkilderapport 2008).

Tabel 2-2

Fordeling af spildevandsmængden fra danske renselanlæg på anlægstyper.

<i>Spildevandsmængden fordelt på rensetyper i procent for udvalgte år</i>						
Anlægstype	U	M	MK	MB	MBK	MBND(K)
Årstal						
Før VMP	10	20	0,5	67	2	0,5
1993	1	4	1	27	13	54
2008	0	0,3	0,1	2,7	5,7	91,1

En altovervejende del af spildevandsmængden bliver således rensset på ganske få anlæg, der alle er moderne anlæg af typerne MBNDK og MBNDKF. Samtidig findes der dog stadig et betydeligt antal meget små anlæg med simpel teknologi og dårligere rensesgrader, der ikke syner af meget i det generelle billede, men godt kan have betydning lokalt, hvis de udleder til små vandløb.

2.2 Renseanlæg under punktkildeprogrammet

De udvalgte anlæg i punktkildeprogrammet er udpeget med det formål dels at få repræsenteret en stor del af den samlede spildevandsmængde i programmet dels at afspejle den overordnede sammensætning af danske renselanlæg med hensyn til type (renseteknologi), størrelse, geografisk beliggenhed, oplandskarakteristika mv. Anlæggene, der er omfattet af NOVANA-programmet, repræsenterer mere end 50% af den samlede mængde spildevand, der udledes fra renselanlæg i Danmark.

Punktkildeprogrammet for miljøfarlige stoffer er i løbet af perioden 1998-2009 blevet revideret enkelte gange mht. hvilke anlæg og stoffer, der er blevet målt på. Programmet har til enhver tid omfattet 36 anlæg, men analyserne og vurderingerne i denne rapport omfatter data fra i alt 40 anlæg. Anlæggene og deres størrelse og renseskategori fremgår af Tabel 2-3 herunder.

Tabel 2-3

Oversigt over de 40 renselanlæg i punktkildeprogrammet, hvis overvågningsdata udgør grundlaget for dette projekt.

Anlæg Navn	Kapacitet i PE (Punktkilderapport 2008)	Type
GÅSKÆR	90	Rodzone
ERRINDLEV HAVN 1)	110	MBS
SKOVBY 1)	300	M
KARLEBO	1.000	MBN
MERN 1)	1.834	MBN
GADEVANG 1)	2.000	MBNK
GISLEV RENSEANLÆG 1)	2.000	MBNKL
VORBASSE 1)	2.000	MBNDKL
KALLERUP	9.500	MBNDK

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

Anlæg Navn	Kapacitet i PE (Punktkilderapport 2008)	Type
VEDBÆK	10.000	MBNDK
SKÆVINGE	12.000	MBNDK
HUNSEBY STRAND	40.000	MBNDK
NYBORG CENTRALRENSEANLÆG	60.000	MBNDK
MÅLØV	70.000	MBNDKF
TÅRNBY	71.000	MBNDK
HELSINGØR	76.300	MBNDK
NÆSTVED	89.000	MBNDK
GRINDSTED	100.000	MBNDK
HADERSLEV CENTRALRENSEANLÆG	100.000	MBNDK
KØGE-EGNENS RENSEANLÆG I/S	100.000	MBNDK
SØHOLT	105.000	MBNDK
FAKSE	110.000	MBNDK
LUNDTOFTE	110.000	MBNDK
SKIVE	123.000	MBNDK
BJERGMARKEN	125.000	MBNDK
THISTED	130.000	MBNDK
VEJLE CENTRALRENS.	130.000	MBNDK
RINGSTED C	148.000	MBNDK
HORSENS	151.800	MBNDK
RANDERS	160.000	MBNDK
HERNING	175.000	MBNDK
MARSELISBORG	220.000	MBNDKF
HOLSTEBRO	230.000	MBNDK
AALBORG VEST	265.000	MBNDK
ESBJERG VEST	290.000	MBNDK
SPILDEVANDSCENTER AVEDØRE	320.000	MBNDK
DAMHUSÅEN	350.000	MBNDK
EJBY MØLLE RENSEANLÆG	385.000	MBNDK
FREDERICIA CENTRALRENS.	420.000	MBNDK
LYNETTEN	750.000	MBNDK

1) Data fra projekt fra DMU nr. 615 fra 2007.

Signaturforklaring:

M = mekanisk, B = biologisk, N = nitrifikation, D = denitrifikation, K = kemisk fældning,
F = filtrering, L = lagune, MBS = biologisk sandfilter.

Som det fremgår af oversigten indgår de fleste af punktkildeanlæggene i vandmiljøplanen (29 anlæg af i alt 40). Anlæggene blev typisk etableret i starten af 1990'erne. Disse anlæg må forventes at give den største reduktion i indholdet af miljøfarlige stoffer, idet de organiske miljøfremmede stoffer i stor udstrækning må forventes at blive nedbrudt i de forskellige trin og typer af renseprocesser, mens tungmetaller typisk tilbageholdes i slamfasen.

Sammenlignes de 40 udvalgte anlæg med samtlige 1055 danske anlæg større end 30 PE for at få et indtryk af repræsentativiteten, ser billedet ud som vist i Tabel 2-4 og Tabel 2-5.

Tabel 2-4

Punktkildeanlæggenes repræsentativitet mht. anlægstørrelse (antal af anlæg):

Størrelse (PE)	Danmark ialt		Punktkildeanlæggene	
	Antal	%	Antal	%
< 500	468	44,3	3	7,5
500 - 1.999	164	15,5	2	5,0
2.000 - 4.999	151	14,3	3	7,5
5.000 - 14.999	129	12,2	3	7,5
15.000 - 49.999	76	7,3	1	2,5
50.000 - 99.999	29	2,8	5	12,5
> 100.000	38	3,6	23	57,5

Tabel 2-5

Punktkildeanlæggenes repræsentativitet mht. rensetype (antal af anlæg):

Type (meget red. renseskode)	Danmark ialt		Punktkildeanlæggene	
	Antal	%	Antal	%
MBNDK	301	28,5	33	82,5
MBND	10	1,0	0	0
MBK	170	16,1	2	5,0
MB	354	33,6	4	10,0
MK	11	1,0	0	0
M	205	19,4	1	2,5
Ukendt	4	0,4	0	0

Det ses således, at de valgte anlæg lever op til ønsket om at have en stor del af den samlede danske spildevandsmængde, som i stor udstrækning renses på MBND(K) anlæg (Tabel 2-2), repræsenteret i punktkildeprogrammet. Desuden må målsætningen om geografisk spredning af anlæggene siges at være opfyldt. Opfyldelsen af disse hovedmålsætninger har imidlertid haft til konsekvens, at der rent antalsmæssigt er en skæv fordeling af de udvalgte anlæg både med hensyn til størrelse og rensetype i forhold til sammensætningen på nationalt plan.

2.3 Undersøgellesprogrammet under punktkildeprogrammet

2.3.1 NOVA 1998-2003

Det hedder overordnet i programbeskrivelsen for NOVA 2003 (Miljøstyrelsen, 2000) om punktkildeprogrammet for renselanlæg, at det overordnede formål er:

- "gennem prøvetagning på udledninger fra kommunale spildevandsanlæg.....at gøre det muligt at følge effekterne af reduktionsprogrammerne for....tungmetaller og miljøfremmede stoffer."

Overvågningen tilrettelægges så den primært opfylder de internationale forpligtelser og samtidigt tilvejebringer en oversigt over tilførslen fra de forskellige punktkildetyper. Dette gøres ved at udvælge en række rensesanlæg med tilledning af forskellige typer af spildevand og således, at der kan gives et landsdækkende billede af tilførslerne til vandmiljøet. Endvidere udvælges anlæg så de er repræsentative med hensyn til rensetype og anlægskapacitet.

Videre anføres det i programbeskrivelsen specifikt om tungmetaller og miljøfremmede stoffer på rensesanlæg, at overvågningen skal omfatte et intensivt måleprogram hvert tredje år på udvalgte kommunale rensesanlæg med måling på indløb, udløb og slam. Anlæggene er udvalgt, så spildevandet repræsenterer godt halvdelen af den danske spildevandsmængde. De udtagne prøver skal repræsentere en gennemsnitssituation.

2.3.2 NOVANA 2004-2009

Punktkildeprogrammet for rensesanlæg under NOVANA (DMU, 2005) havde en overordnet formålsbeskrivelse, der var uændret i forhold til NOVA 2003.

Der skete i forbindelse med overgangen fra NOVA 2003 til NOVANA en justering af programmet, bl.a. således at antallet af stoffer blev justeret. Et antal stoffer udgik fordi de i den foregående periode ikke eller stort set ikke var blevet påvist og derfor ikke ansås at udgøre noget væsentligt problem ift. punktkilders belastning af det danske vandmiljø.

2.3.3 Punktkildeprogrammet fremover

Det fremtidige program for punktkilder i 2011-2015 (By- og Landskabsstyrelsen, 2010) vil blive ændret noget ift. det nuværende idet antallet af rensesanlæg reduceres og programmet opdeles i tre forskellige niveauer af overvågning:

Kontrolovervågning

- Tidsserier på enkelte udledninger på et antal større, avancerede rensesanlæg (foreslået: 7)

Operationel overvågning

- Tidsserier på enkelte udledninger af et antal rensesanlæg (foreslået: 10) med eventuelt problematiske koncentrationer
- Tidsserier på små simple anlæg som repræsenterer en ukendt faktor i belastningopgørelsen (anlæg M. MB, MBK o.l.) (foreslået: 15)

Oplandsorienteret opfølgning på vandplaner:

- Observation el. stofbestemt indsats.

3 Metode

3.1 Datagrundlag og -bearbejdning

Grundlaget for det udførte arbejde er de samlede data fra punktkildeprogrammet for miljøfarlige stoffer på renseanlæg i perioderne 1998-2003 og 2004-2009, som By- og Landskabsstyrelsen har samlet i en SQL-database, og leveret det relevante udtræk fra til COWI. Data for andet halvår 2009 indgik ikke i udtrækket, og de er derfor ikke med i bearbejdningen og de statistiske analyser.

Efter aftale med følgegruppen har databearbejdningen og de efterfølgende statistiske analyser kun omfattet de stoffer, der har indgået i begge delperioder af punktkildeprogrammet, hhv. 1998-2003 og 2004-2009. Efter første programperiode blev overvågningsresultaterne evalueret og et antal stoffer (f.eks. DDT og andre chlorerede pesticider), hvor der ikke eller næsten ikke var påvist indhold over detektionsgrænsen i løbet af de første fem år, blev taget ud af det efterfølgende program. Der var i følgegruppen enighed om, at der i forbindelse med denne rapport ikke var grund til at medtage disse data i de statistiske analyser.

Data er trukket ud for hele punktkildeprogrammets måleperiode (1998-2009) og sorteret efter stofgruppe og om de er målt i indløb eller udløb på renseanlægget. Derudover er årsbaserede generelle data som renseanlæg (navn), kapacitet, belastning, rensningstype og gennemsnitlig COD, BI5 og SS for et givet anlæg tilføjet målingerne. Analyser for de nævnte generelle spildevandsvariable er ikke foretaget systematisk i punktkildeprogrammet, men er kun foretaget på visse anlæg og ikke nødvendigvis gennem hele programperioden.

Data er stillet op i Excel i en matrix med måleperioder og analyseresultater. Der er af hensyn til den efterfølgende statistiske analyse foretaget en række tilrettelser, hvor data har været indrapporteret på lidt forskellig vis, således at de kunne fremstå ensartet. I databasen er målinger under detektionsgrænsen således angivet med både "0" og "blank". Dette er rettet i udtrækket, så der alle steder står "0". Enkelte steder har der også været afvigelser i måleenhederne, så et stof der typisk måles i µg/l er angivet i f.eks. mg/l. Disse data er gennemgået og tilrettet, så alle målinger på et stof er angivet i samme enhed og i enkelte tilfælde slettet, hvis data tydeligvis var registreret forkert i databasen.

Med henblik på en specialanalyse af data er der lavet ombrydning af det oprindelige udtræk, så kun målinger, hvor der samtidig er målt COD i indløbet, indgår. Ved denne analyse har kun indgået de stoffer, hvor der fandtes samhørende målinger af stof og COD på over halvdelen af COD-målingerne (dvs. mindst 90 ud af 189 prøver, hvor der var målt COD).

Endvidere er der indhentet informationer fra faglige rapporter om hhv. punktkildeprogrammerne og om de renseanlæg, der konkret har indgået heri. Data stammer fra Punktkilderapporten for 2008 samt data fra DMU Faglig Rapport nr. 615 fra 2007.

I forbindelse med perspektivering og uddragning af overordnede konklusioner er endvidere DMU's rapport over den første fase af punktkildeprogrammet (1998-2003) (DMU, Faglig Rapport nr. 585, 2005) blevet benyttet på linje med By- og Landskabsstyrelsens punktkilderapporter.

3.2 Statistiske analyser og vurderinger

Alle statistiske analyser, herunder opstilling og test af statistiske modeller, er udført ved hjælp af programmet R (R, 2010). Programmet er et kraftigt statistisk software, som samtidigt kan anvendes som programmeringssprog og til grafisk visning af data. Programmet er gratis at downloade og benytte. Data er eksporteret fra excel-filer til kommaseparerede filer for at læse dem ind i R. Der henvises i øvrigt til den nærmere gennemgang af de udførte statistiske analyser i kapitel 4.

3.3 Andre analyser og vurderinger

Der er foretaget en oversigtlig gennemgang og vurdering af punktkildeprogrammets anlæg i forhold til den samlede profil af rensesanlæg i Danmark og der er desuden foretaget en kort opsummering af punktkildeprogrammerne under NOVA/NOVANA.

Denne del af opgaven har baseret sig på de seneste punktkilderapporter fra By- og Landskabsstyrelsen samt programbeskrivelser for NOVA- og NOVANA-programmerne fra Miljøstyrelsen og DMU.

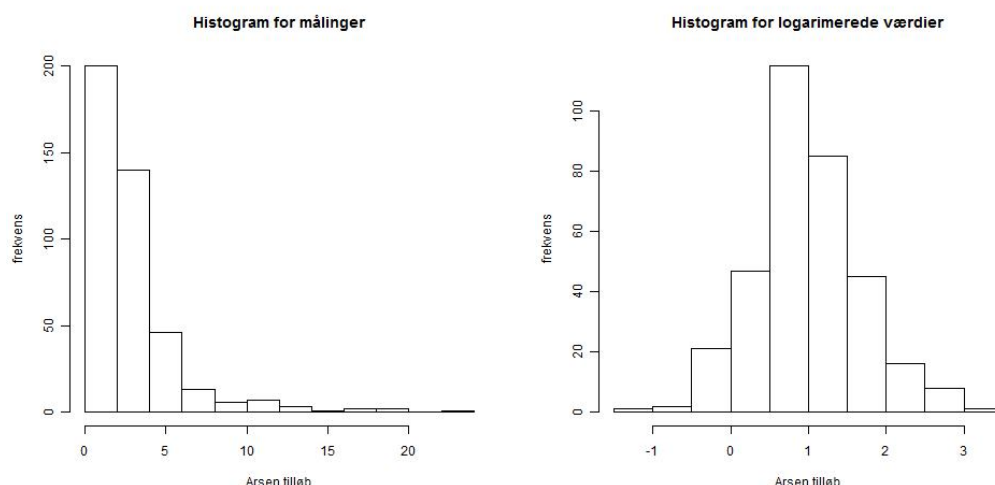
4 Statistiske analyser og vurderinger

Som grundlag for den efterfølgende statistiske databearbejdning og vurdering af data mhp. vurdering af muligheden for at beskrive forskelle i koncentrationer ved hjælp af forklarende variable relateret til enten spildevand, rensesanlæg eller årstal er der indledningsvis gennemført en undersøgelse af, hvorvidt data kan anses for enten at være normalfordelte eller log-normalfordelte.

Denne del af analysen er gennemført på gruppen "Tungmetaller og uorganiske sporstoffer", idet denne gruppe generelt har et højt antal prøver og samtidig kun ret få målinger under detektionsgrænsen. Analysen er gennemført på metallerne arsen, bly, cadmium, chrom, kobber, kviksølv, nikkel og zink. Sølv tilhører også denne gruppe, men der er kun få målinger af dette stof, hvorfor dette stof er udeladt af analysen.

4.1 Analyse af fordeling af data

Den første vigtige analyse er at finde ud af hvilken type af fordeling stofferne kan antages at følge. Normalfordelingen er den foretrukne fordeling, fordi den er simpel at anvende. Imidlertid er data stærkt højreskæve (forøget tendens til meget høje målinger), jf. Figur 4-1 nedenfor. Det er ganske sædvanligt for miljøprøver at være højreskæve, blandt andet fordi der ofte er lave koncentrationer, stor variation og ingen mulighed for negative målinger. I litteraturen anvendes ofte en logaritmisk transformation, der mindsker højreskævheden og samtidigt forhindrer muligheden for at forudsige negative målinger.



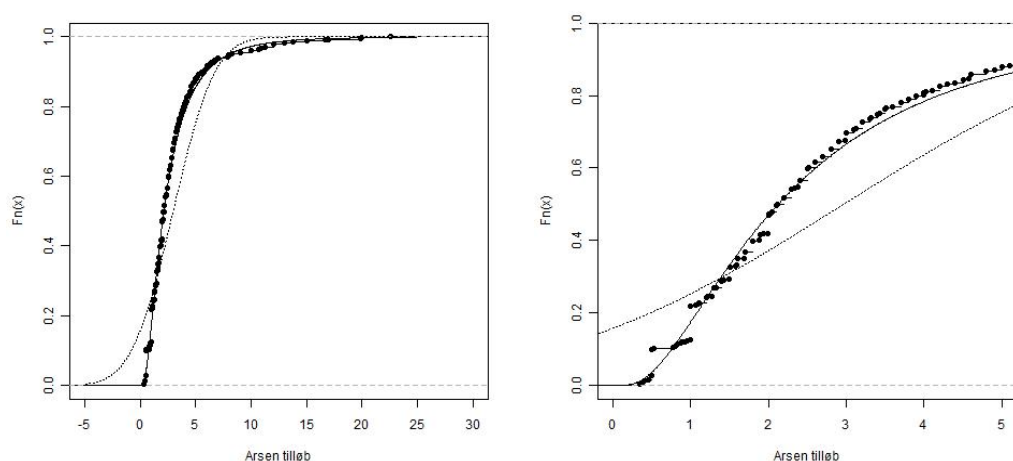
Figur 4-1

Histogrammer af indløbsmålinger af arsen. Som det fremgår af figuren til venstre er målingerne stærkt højreskæve, mens en logaritmering af data fjerner denne tendens til højreskævhed, jævnfør figuren til højre.

Som det fremgår af Figur 4-1 medfører en logaritmisk transformation af data en fordeling, der minder om den "klokket kurve", der kendetegner normalfordelte data. I figuren er anvendt arsen i indløb for alle anlæg uanset type og belastning. Tilsvarende plots er udarbejdet for de øvrige stoffer for både indløb og udløb og viser en tilsvarende tendens.

Det er vigtigt at have en model, der beskriver målingerne godt. På Figur 4-2 er vist to modeller, hvoraf den ene er baseret på en antagelse om, at data er normalfordelte, og en anden er baseret på en antagelse om, at data er logaritmisk normalfordelte. I begge tilfælde er modellerne bestemt ud fra deres evne til at beskrive middelværdi og spredning bedst muligt.

For målinger under detektionsgrænsen er værdierne erstattet med halvdelen af detektionsgrænsen (hvilket forklarer forløbet af kurven ved små koncentrationer). Som det fremgår passer den normalfordelte model ikke godt til data, idet der er en væsentlig andel af målingerne, der med den model har negative koncentrationer (ca. 15%), og modellen giver også alt for få høje målinger. Den logaritmisk normalfordelte model passer derimod godt til målingerne over hele måleintervallet.



Figur 4-2

Fordelingsfunktion for målinger af arsen i indløbet til renseanlæggene. Punkterne angiver målinger, den stiplede linie en model baseret på normalfordelingen og den fuldt optrukne linie en model baseret på logaritmisk normalfordelte data. Figuren til højre er et udsnit af figuren til venstre.

4.2 Modeller til forklaring af variationer

I Figur 4-2 er det med arsen i indløb som eksempel vist, at den logaritmiske normalfordelte model er egnet til at beskrive måleresultaterne. Det samme gælder for de øvrige tungmetaller, der er testet. I dette afsnit undersøges det, om modellen kan opdeles i flere modeller, således at der er en model for højt belastede anlæg, for ændringer i koncentrationer over tid, om nogle anlæg har højere udløbskoncentrationer end andre, osv. Såfremt der kan opstilles sådanne

gode modeller, kan der dermed opstilles forskellige nøgletal baseret på objektive informationer.

For at kunne opstille sådanne modeller, stillers der meget store krav til målingerne; dels er der ikke mange oplysninger om hvert anlæg og dels er der en betydelig usikkerhed fra såvel prøveudtagning som analyser. Derfor kan modelresultaterne anvendes på flere niveauer:

- 1) Hvis der er tale om meget gode modeller kan der opstilles forskellige nøgletal, f.eks. baseret på oplysninger om renseprocesserne. Disse kan så anvendes til beregning af f.eks. nationale udledninger, idet der anvendes forskellige nøgletal for forskellige anlægstyper
- 2) Hvis modellerne er mindre gode kan de stadig anvendes til at finde tendenser i datamaterialet, herunder f.eks. at nogle stoffer har en tendens til at blive udledt mindre over tid.

Det vil være subjektivt, hvorvidt en model er ringe, mindre god eller meget god. Et godt mål vil være modellens forklaringsgrad, R^2 , der angiver, hvor stor en del af variationen, modellen kan forklare. Til den konkrete anvendelse er det vurderet, at der skal en forklaringsgrad på omkring 0,80 til for, at det er rimeligt at opstille forskellige typetal. Men der er ikke entydige anbefalinger fra litteraturen og der er derfor tale om et subjektivt skøn.

4.2.1 *Beskrivelse af modellerne*

Der er opstillet i alt fire forskellige modeller på såvel indløb som udløb. Modellerne er opstillet for at finde egnede modeller til at beskrive generelle landsdækkende tendenser i data. Mere detaljerede modeller vil kunne opstilles for hvert enkelt renseanlæg for at finde lokale tendenser, men det er næppe relevant i forbindelse med opstilling af nøgletal – og ikke muligt inden for nærværende projekts rammer. Det skal bemærkes, at der i datamaterialet ikke er systematiske målinger af traditionelle spildevandsvariable såsom BOD, COD, N, P eller SS knyttet til de enkelte måleperioder for miljøfarlige stoffer. Modeller baseret på disse stoffer er således ikke testet.

Den første model er den model, der baseret alene på data, forventes at kunne give den mest detaljerede beskrivelse af data. Den er baseret på bestemmelse af et generelt niveau for hvert af de 40 renseanlæg samt lineære tendenser til beskrivelse af ændringer over tid samt som funktion af belastningen samt forholdet mellem aktuel belastning og designet kapacitet. Samlet ser modellen (1) således ud:

$$\log(\text{Stof}_{ij}) = \text{ANLÆG}_i + a_1 \text{ Tid}_{ij} + a_2 \text{ Belastning}_{ij} + a_3 \text{ Relativ_Belastning}_{ij} + e_{ij} \quad (1)$$

hvor ANLÆG_i er det i'te renseanlæg af i alt 40 anlæg. Der estimeres således i alt 43 parametre (40 på renseanlæggene og 3 på parametrene a_1 , a_2 , og a_3). Denne model er ikke

egnet til fremskrivning af generelle tendenser, men giver et godt indblik i, hvor meget af variationen af data, der kan beskrives ud fra alle de data der er i databasen.

Den nedenstående model (2) er næsten identisk med model (1), men bedre til at beskrive hvad der sker på et anlæg, hvor der ikke findes målinger. I stedet for at beskrive alle anlæggene som forskellige, er anlægget karakteriseret ved renseprocesserne (F.eks. MBNDKF). De 40 anlæg beskrives dermed i form af 10 anlægstyper. Samlet ser model (2) således ud:

$$\log(\text{Stof}_{ij}) = \text{ANLÆGSTYPE}_i + a_1 \text{ Tid}_{ij} + a_2 \text{ Belastning}_{ij} + a_3 \text{ Relativ_Belastning}_{ij} + e_{ij} \quad (2)$$

De sidste to modeller er forsimplinger af model (2):

$$\log(\text{Stof}_j) = a_1 \text{ Tid}_j + a_2 \text{ Belastning}_j + a_3 \text{ Relativ_Belastning}_j + e_j \quad (3)$$

$$\log(\text{Stof}_i) = \text{ANLÆGSTYPE}_i + e_i \quad (4)$$

og er medtaget for at se på muligheden for yderligere forsimplinger af den model, der må anses for at være bedst egnet til at beskrive forventede stofkoncentrationer på et anlæg, hvor der ikke er foretaget målinger.

De fire modeller er opstillet for hvert af de nævnte tungmetaller for såvel indløb som udløb, dvs. i alt $4 \cdot 2 \cdot 8 = 64$ modeller. Efterfølgende er der også opstillet tilsvarende modeller for de fire phenoler, hvor der er et tilstrækkeligt stort antal målinger til, at modellerne giver et retvisende billede af variationerne.

4.2.2 Metode for tolkning af modellerne

Den første model forventes at være den, der kan give den bedste beskrivelse af variationerne, fordi der vil kunne være forskelle mellem anlæg med samme sæt af renseprocesser. Såfremt der er sådanne forskelle vil denne model også give den bedste indikation på, hvorvidt der faktisk er variationer over tid samt betydning af belastning og relativ belastning. Det skyldes, at i en dårligere model vil faktiske sammenhæng kunne sløres af den generelle usikkerhed. Måske endnu værre er det muligt, at tilfældigheder kunne medføre at en eller flere af disse variable forekommer at være væsentlige. Det vil kunne forekomme i en model, der overordnet ikke er særligt god.

I denne sammenhæng vil en models egnethed blive beskrevet ved modellens forklaringsgrad, ofte benævnt R^2 . Forklaringsgraden udtrykker, hvor mange procent af variationen i målingerne, som en model kan forklare. En lav forklaringsgrad er derfor alt andet lige udtryk for en dårlig model. Det skal endvidere bemærkes, at forklaringsgraden er en "intern" forklaringsgrad, altså den forklaring, som data peger på. Ved ekstrapolation til f.eks. generelle nøgletal, vil der være en ekstra usikkerhed.

Resultatet af modelkørslerne er opsamlet i nedenstående fire tabeller, dækkende tungmetaller og phenoler i henholdsvis indløb og udløb. For at kunne lave en kortfattet opsamling, der giver et overblik på tværs af metoder, er hver forklarende variabel i modellen beskrevet ud fra, hvor vigtig den er. Hver variabel (for model 1 således Anlæg, Tid, Belastning og RelativBelastning) gives en karakter mellem 0 og 3, hvor 3 angiver, at variablen er meget vigtig til at beskrive variationen i målingerne, og 0 angiver, at variablen tilsyneladende ikke har betydning for at beskrive variationen i målingerne. Karakteren er baseret på det statistiske begreb signifikansniveau, der angiver hvor sandsynligt det er, at den pågældende variabel **ikke** har betydning. Karaktererne svarer til følgende signifikansniveauer:

- 0: Med et signifikans-niveau på 5 % er denne variabel ikke væsentlig
- 1: Denne variabel har samlet set betydning på mellem 1 og 5 % signifikans-niveau
- 2: Denne variabel har samlet set betydning på mellem 0,1 og 1 % signifikansniveau
- 3: Denne variabel har samlet set betydning på mere end 0,1 % signifikansniveau

Niveauerne 1 % og 5 % svarer til de typiske niveauer for statistisk signifikans. Niveauet 0 svarer således til, at man typisk vil kunne antage at denne variabel ikke har betydning for variationen mens niveauet 3 svarer til, at der med stor sikkerhed er en korrelation i data mellem stofmålingerne og den pågældende variabel. For de variable, der er kontinuerte, er signifikansen i stedet for tal angivet i form af antal fortegn(+ el. -) på parameteren i formelen.

For variablene ANLÆG og ANLÆGSTYPE er angivet selve karakteren, som angiver, om forskellene mellem de hhv. 40 anlæg og 10 anlægstyper retfærdiggør brugen af hhv. 39 og 9 parametre til at beskrive de interne forskelle i variablen. For de kontinuerte variable Tid, Belastning og RelativBelastning er det i stedet fortegnet på den ene parameter, der er angivet. En opadgående tendens med karakteren 3 for variablen Tid er således angivet med tre plusser.

Selv om en variabel er statistisk signifikant er det ikke sikkert, at det er optimalt at benytte denne model. Som minimum vil det kræve, at den samlede forklaringsgrad er god, således at en skønnet værdi på den gennemsnitlige koncentration fra modellen har væsentligt mindre usikkerhed end en skønnet værdi på den gennemsnitlige koncentration baseret på alle data (uden model). Endvidere bør modellen verificeres på baggrund af faktorer, der ikke er direkte relateret til data. Det kan f.eks. være ændringer i udledningskrav, ud- eller ombygninger af anlæg, mv.

4.2.3 Resultat af modellerne

Som det fremgår af Tabel 4-1 til Tabel 4-4 er forklaringsgraden generelt lav, især for de modeller, der ikke er baseret på hvert enkelt anlæg. På Figur 4-3 nedenfor er vist eksempler på den variation, der er i data. De modeller (Model 2, 3 og 4), der vil kunne benyttes til at genere typetal for forskellige typer af anlæg eller andre deskriptive variable, har forklaringsgrader på under 0,25. Især er det markant, at modeller, som beskriver udløbskoncentrationer som funktion af type af rensesanlæg, alle har en ringe forklaringsgrad.

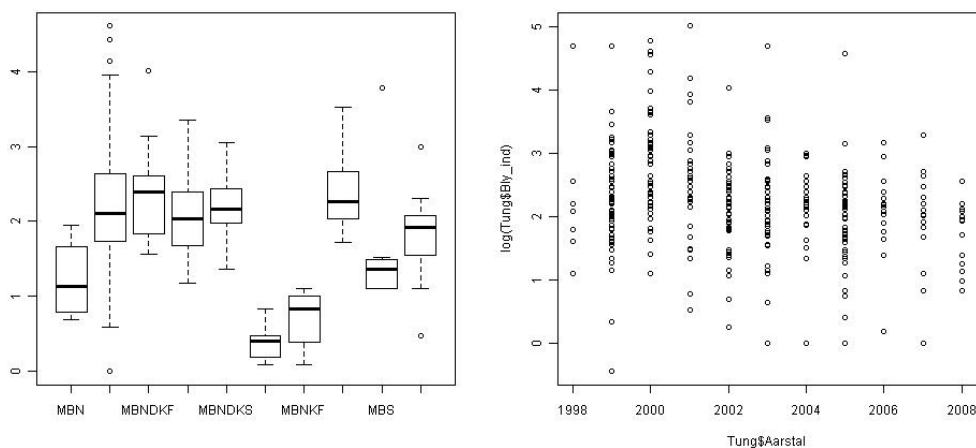
Det betyder enten, at anlæggene faktisk stort set er lige gode til at fjerne stofferne, eller, at det er andre faktorer end dem der er målt, der har betydning, herunder en væsentlig variation hidrørende fra prøveudtagning og –analyse samt den naturlige variation i koncentrationerne.

For indløbet er der generelt tale om en faldende tendens over årene, altså svarende til lavere gennemsnitlige koncentrationer i de seneste år. Tilsvarende er der en tendens til stigende koncentrationer på store anlæg (men tilsyneladende ikke afhængigt af hvor hårdt anlægget er belastet (relativ belastning = $\text{aktuel belastning} : \text{designet kapacitet}$)).

I udløbet er forklaringsgraderne af samme størrelsesorden som for indløbet. Tendensen til faldende koncentrationer i indløbet over tid kan ikke genfindes i form af lavere udløbskoncentrationer i samme grad. Der er en vis tendens til at den relative belastning medfører højere koncentrationer i udløbet, men overordnet set har tendensen ingen betydning.

Figur 4-4 viser indløbskoncentrationerne til renseanlæg som funktion af årstal for metallerne arsen og bly, mens indløbs- og udløbsresultater for alle 8 testede metaller kan findes i Bilag 2. De ovenfor nævnte tendenser kan fornemmes, men det fremgår tillige af Figur 4-4, at der er meget stor spredning på resultaterne.

Samlet set giver modellerne ikke baggrund for at opstille typetal som funktion af forskellige forklarende variable. Der vil således kun blive opstillet to typetal for hver variabel; en for indløbet og en for udløbet.



Figur 4-3

Til venstre box-plot, der viser variationen i data for nikkel i indløbet til alle typer af renseanlæg. Plottet svarer til model 4, der for arsen har en forklaringsgrad på 0.17 (den højeste blandt de testede stoffer). De 10 typer er angivet alfabetisk, dvs. som typerne MBN, MBNDK, MBNDKF, MBNDKL, MBNDKS, MBNK, MBNKF, MBNKL, MBS og nedslivningsanlæg.

Til højre variationen af bly i indløbet som funktion af tid, som flere modeller peger på som den mest signifikante tendens. Tendensen er ikke imponerende i forhold til den betydelige variation og ser primært ud at være et resultat af generelt høje værdier i 1999 og lave værdier i 2005 og 2008.

Tabel 4-1

Modellers egnethed til at beskrive variationer i indløbet til renseanlæg for tungmetaller.

Signaturforklaringen er angivet i teksten side 23.

	R ²	Forskel mellem alle renseanlæg (40 i alt)	Forskel mellem renseanlægstype (10 i alt)	Årstal	Belastning	Relativ belastning
<i>Model 1</i>						
Arsen	0.43	3		--	0	0
Bly	0.35	3		---	0	0
Cadmium	0.36	3		---	--	0
Chrom	0.40	3		0	0	0
Kobber	0.55	3		---	0	0
Kviksølv	0.25	3		-	0	0
Nikkel	0.48	3		--	0	-
Zink	0.33	3		0	0	0
<i>Model 2</i>						
Arsen	0.10		3	-	0	0
Bly	0.20		3	---	++	0
Cadmium	0.14		3	---	0	0
Chrom	0.16		3	0	++	0
Kobber	0.08		3	--	0	0
Kviksølv	0.05		0	-	+	0
Nikkel	0.22		3	-	+++	0
Zink	0.09		3	0	++	0
<i>Model 3</i>						
Arsen	0.02			0	0	0
Bly	0.12			---	+++	0
Cadmium	0.05			---	+++	0
Chrom	0.06			0	+++	0
Kobber	0.02			--	0	0
Kviksølv	0.04			-	+	0
Nikkel	0.09			-	+++	0
Zink	0.03			0	+++	0
<i>Model 4</i>						
Arsen	0.08		3			
Bly	0.11		3			
Cadmium	0.09		3			
Chrom	0.14		3			
Kobber	0.07		3			
Kviksølv	0.02		0			
Nikkel	0.17		3			
Zink	0.08		3			

Tabel 4-2

Modellers egnethed til at beskrive variationer i udløbet fra renseanlæg for tungmetaller.

Signaturforklaringen er angivet i teksten side 23.

	R ²	Forskel mellem alle renseanlæg (40 i alt)	Forskel mellem renseanlægstype (10 i alt)	Årstal	Belastning	Relativ belastning
<i>Model 1</i>						
Arsen	0.45	3		0	0	0
Bly	0.40	3		0	0	0
Cadmium	0.34	3		--	0	0
Chrom	0.37	3		+++	+	0
Kobber	0.37	3		0	---	0
Kviksølv	0.44	3		+	0	0
Nikkel	0.46	3		0	0	0
Zink	0.36	3		---	0	+++
<i>Model 2</i>						
Arsen	0.22		3	0	+++	+
Bly	0.09		3	0	0	0
Cadmium	0.06		0	--	0	0
Chrom	0.11		2	++	0	++
Kobber	0.14		3	0	0	0
Kviksølv	0.04		0	0	+	0
Nikkel	0.10		3	0	+++	0
Zink	0.13		3	---	0	+
<i>Model 3</i>						
Arsen	0.09			0	+++	++
Bly	0.00			0	0	0
Cadmium	0.04			--	0	0
Chrom	0.08			++	0	+++
Kobber	0.00			0	0	0
Kviksølv	0.04			0	+	0
Nikkel	0.06			0	+++	0
Zink	0.09			---	++	+++
<i>Model 4</i>						
Arsen	0.15		3			
Bly	0.09		3			
Cadmium	0.00		0			
Chrom	0.06		2			
Kobber	0.14		3			
Kviksølv	0.00		0			
Nikkel	0.07		3			
Zink	0.05		3			

Tabel 4-3

Modellers egnethed til at beskrive variationer i indløbet til renseanlæg for phenoler.

Signaturforklaringen er angivet i teksten side 23.

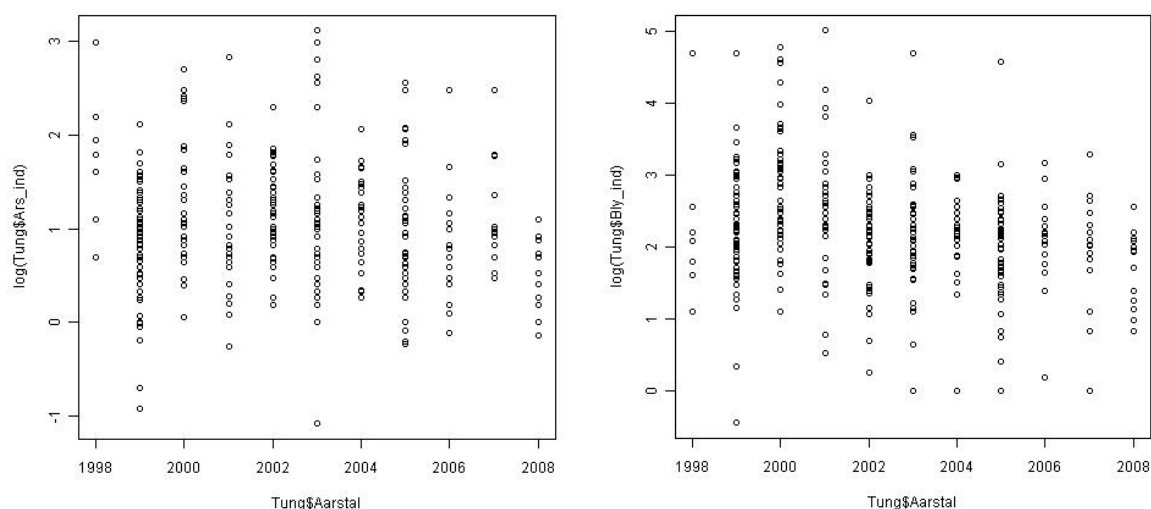
	R ²	Forskel mellem alle renseanlæg (40 i alt)	Forskel mellem renseanlægstype (10 i alt)	Årstal	Belastning	Relativ belastning
<i>Model 1</i>						
Bisphenol A	0.50	3		---	0	0
Nonylphenol (NP1EO)	0.46	3		---	0	0
Nonylphenol (NP2EO)	0.57	3		---	-	0
Phenol	0.55	3		0	+	---
<i>Model 2</i>						
Bisphenol A	0.20		3	-	+	0
Nonylphenol (NP1EO)	0.23		3	---	0	0
Nonylphenol (NP2EO)	0.26		3	--	0	-
Phenol	0.18		3	0	++	0
<i>Model 3</i>						
Bisphenol A	0.06			-	+++	0
Nonylphenol (NP1EO)	0.06			---	0	0
Nonylphenol (NP2EO)	0.12			--	++	-
Phenol	0.06			0	+++	0
<i>Model 4</i>						
Bisphenol A	0.15		3			
Nonylphenol (NP1EO)	0.19		3			
Nonylphenol (NP2EO)	0.20		3			
Phenol	0.15		3			

Tabel 4-4

Modellers egnethed til at beskrive variationer i udløbet fra renseanlæg for phenoler.

Signaturforklaringen er angivet i teksten side 23.

	R ²	Forskel mellem alle renseanlæg (40 i alt)	Forskel mellem renseanlægstype (10 i alt)	Årstal	Belastning	Relativ belastning
<i>Model 1</i>						
Bisphenol A	0.40	3		---	-	0
Nonylphenol (NP1EO)	0.60	3		-	0	0
Nonylphenol (NP2EO)	0.55	3		0	0	0
Phenol	0.44	3		0	0	0
<i>Model 2</i>						
Bisphenol A	0.15		3	--	-	0
Nonylphenol (NP1EO)	0.27		3	0	-	0
Nonylphenol (NP2EO)	0.14		1	0	0	0
Phenol	0.18		3	0	0	0
<i>Model 3</i>						
Bisphenol A	0.06			--	-	0
Nonylphenol (NP1EO)	0.14			0	---	0
Nonylphenol (NP2EO)	0.03			0	0	0
Phenol	0.00			0	0	0
<i>Model 4</i>						
Bisphenol A	0.10		3			
Nonylphenol (NP1EO)	0.24		3			
Nonylphenol (NP2EO)	0.10		0			
Phenol	0.18		3			



Figur 4-4

Tidsmæssig udvikling i indløbskoncentrationer til renseanlæg for metallerne arsen og bly.

4.2.4 Modeller for COD versus miljøfarlige stoffer

Der er i datamaterialet i nogle tilfælde angivet en COD måling sammen med de øvrige stofmålinger. Der er tale om relativt få målinger og fra udvalgte anlæg, så de opstillede modellen kan ikke forventes at være generelt repræsentative, endsige forventes at have stor værdi for prediktion af andre målinger. Imidlertid kan målingerne godt bruges til at udtale sig om de generelle sammenhænge mellem stofkoncentrationer i samme måling. Såfremt der opnås gode modeller er der to perspektiver ved generelt at bestemme COD og andre simple spildevandsvariable som led i punktkildeprogrammet fremadrettet:

- 1) Det vil måske være muligt at opstille modeller mellem stoffer der altid er over detektionsgrænsen og stoffer, der er sværere at måle med stor sikkerhed. Det vil give mulighed for at rekonstruere målinger, ikke mindst når detektionsgrænsen for det pågældende stof er højere end sædvanligt.
- 2) Det vil eventuelt være muligt at opstille modeller for bestemmelse af stoffer som funktion af COD o.lign., type af anlæg, tid, belastning af samme slags som model 2, (evt. 3 og 4) med en tilstrækkelig forklaringsgrad til at kunne estimere typetal som funktion af forklarende variable.
- 3) Prisen pr. prøve for analyse af miljøfarlige stoffer i punktkildeprogrammet er meget højere end for simple stofmålinger, som ofte udføres som led i den daglige drift af anlæggene. Såfremt der opnås gode modeller vil det måske være muligt bedre at beskrive dynamikken i udledninger af stofferne i programmet ved at lave simuleringer af udledninger af "NOVANA-stoffer" baseret på dynamikken i stoffer, det er nemmere og billigere at måle.

Det skal bemærkes, at det sandsynligvis er muligt at opstille tilsvarende modeller baseret på nikkel eller zink i stedet for COD, idet disse stoffer også har en meget høj andel af målinger over detektionsgrænsen. En sådan model vil kunne benyttes til formål 1), men ikke til formål 2). For at kunne sammenligne med analyserne i det foregående afsnit opstilles modeller, der minder så meget som muligt om de tidligere modeller. Der er dog for få målinger til at kunne bestemme indflydelsen fra forskellige typer af renseanlæg. Den samlede model er derfor:

$$\log(\text{Stof}_i) = a_1 \text{COD}_i + a_2 \text{Tid}_i + a_3 \text{Belastning}_i + a_4 \text{Relativ_Belastning}_i + e_i \quad (5)$$

eller den tilsvarende model, hvor COD er erstattet af $\log(\text{COD})$:

$$\log(\text{Stof}_i) = a_1 \log(\text{COD}_i) + a_2 \text{Tid}_i + a_3 \text{Belastning}_i + a_4 \text{Relativ_Belastning}_i + e_i \quad (6)$$

Som det fremgår af Bilag 2 er specielt målingerne af COD i indløbet ikke nær så højreskæve som de øvrige målinger er. Derimod er målingerne i udløbene lige så højreskæve som de stoffer, der indgår i NOVA2003/NOVANA programmet. Derfor kan det være relevant at opstille begge modeller for at beskrive målingerne af COD.

Modellen er testet på bl.a. de tungmetaller, som er afrapporteret i tabel 4-1 og 4-2. For indløbet er der ikke nogen væsentlig afhængighed af COD, uanset om målingerne indgår i modellen som logaritmerede værdier eller ej. I udløbene ses der imidlertid en forklaringsgrad, som er lige så god eller endog bedre end model (1), der var langt den bedste model i det afsnit og baseret på brug af langt flere parametre. Der er for alle de testede stoffer en klar sammenhæng med COD, hvorfor figurer af sammenhørende målinger er angivet i bilag 3. Generelt har model (5) en noget bedre forklaringsgrad end model (6), se Tabel 4-5, hvilket dog mere er et udtryk for, at de få meget høje værdier af COD har meget stor betydning for modellen, hvilket også fremgår af figurerne i bilag 3. Derfor er det generelt model (6) som bedst kan vise perspektivet ved at måle COD sammen med de øvrige stoffer i programmet.

Ud fra ovenstående analyse på et lille delsæt af data er det uklart, hvorvidt det er muligt at opstille modeller af en sådan kvalitet, at de kan bruges fremadrettet mod at udfylde huller i materialet endsige udføre simuleringer på lokaliteter, hvor der ikke er målt på miljøfremmede stoffer. Under alle omstændigheder vil det kræve et efterfølgende statistisk modelarbejde. Men i forhold til den ringe merudgift pr. måling er det dog klart anbefalelsesværdigt at få foretaget disse analyser, i hvert fald for målinger af udløbene.

Tabel 4-5 Forklaringsgrader for modellerne (1), (5) og (6) for udløb.

Stof	Model (1)	Model (5)	Model (6)
Arsen	0,45	0,46	0,40
Bly	0,40	0,57	0,41
Cadmium	0,34	0,69	0,61
Chrom	0,37	0,52	0,46
Kobber	0,37	0,49	0,40

Stof	Model (1)	Model (5)	Model (6)
Kviksølv	0,44	0,46	0,35
Nikkel	0,46	0,46	0,35
Zink	0,36	0,56	0,38

4.3 Nøgletal

Ud fra analyserne i de foregående afsnit er det tydeligt, at nøgletal skal opstilles for målinger der er logaritmisk normalfordelte, og at der kun er information i målingerne svarende til eet nøgletal for indløbet og eet nøgletal for udløbet for hvert stof.

Der er en enkelt, meget vigtig egenskab ved den logaritmisk normalfordelte model: Middelværdien er ikke lig med medianen. Med andre ord, den højreskæve fordeling medfører, at middelværdien af målingerne (som f.eks. bør benyttes ved beregning af årlige udledninger) er væsentligt højere end medianen, som er den værdi, som 50 % af målingerne er lavere end. For arsenmålingerne i Figur 4-2 er forventningsværdien 2,94, mens 50 %-fraktilen har værdien 2,1. Værdien på 2,94 svarer til 67 %-fraktilen, altså er 2/3 af målingerne mindre end gennemsnittet af målingerne.

På grund af mange målinger under detektionsgrænsen er det vanskeligt at udregne middelværdien direkte. Det er yderligere besværligt, at der er ganske store forskelle imellem detektionsgrænserne for forskellige målinger af samme stof. Det er derfor ønskeligt om man kan angive en bestemt fraktil som et anbefalet nøgletal for middelværdien, altså i tilfældet arsen 67 %-fraktilen.

For at teste om en sådan anbefaling er mulig, er der udført beregninger af, hvilken fraktil middelværdien svarer til for alle stoffer, hvor der er mange målinger og kun få målinger under detektionsgrænsen. Såfremt denne fraktil ikke varierer meget vil det være muligt at angive denne som et godt nøgletal for stoffer, hvor der ikke umiddelbart på baggrund af målingerne kan opstilles nøgletal direkte.

I denne undersøgelse er der valgt en grænse på 100 målinger pr. stof og højst 25 % målinger under detektionsgrænsen. I alt 46 stoffer kunne opfylde dette krav. Målinger under detektionsgrænsen er herefter udskiftet med en værdi svarende til 50 % af detektionsgrænsen for den pågældende måling.

Som det fremgår af nedenstående Tabel 4-5 er der mange stoffer, hvis nøgletal ligger omkring 75 %-fraktilen. På Figur 4-5 er angivet en samlet fordeling af hvilke fraktiler, der er beregnet for alle stofferne. Det fremgår af figuren, at 65 %-fraktilen er et rimeligt nedre bud på en middelværdi for stofferne og, at et tilsvarende øvre bud svarer til 85 %-fraktilen. Nogle af stofferne med en lav beregnet fraktil er i øvrigt ikke egentlige miljøfarlige stoffer, men mere generelle måleparametre, der ofte har en mindre skæv fordeling end miljøfarlige stoffer.

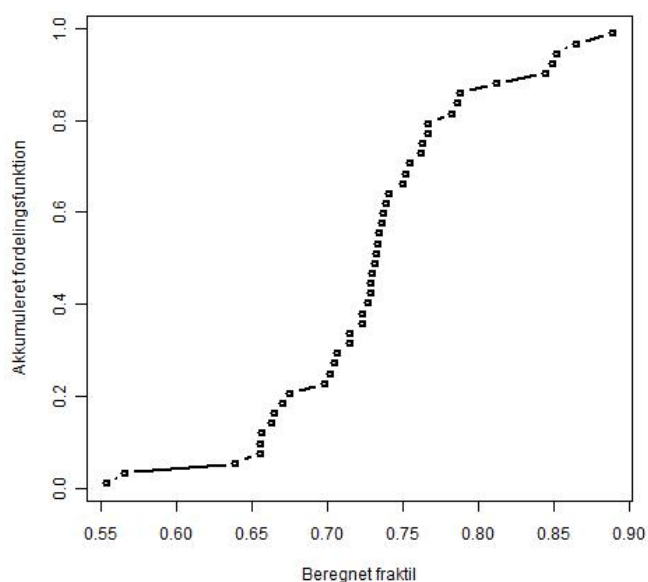
Tabel 4-5

Oversigt over beregnede middelværdier for alle stoffer med tilstrækkeligt antal målinger samt den tilhørende fraktil i fordelingen.

Stof	Beregnet middelværdi	Tilsvarende fraktil i fordelingen
<i>Tungmetaller / uorg. sporstoffer</i>		
Arsen, indløb	2.94	67.50%
Barium, indløb	97.0	72.30%
Barium, udløb	37.9	76.20%
Bly, indløb	13.4	76.70%
Bor, indløb	461	72.70%
Bor, udløb	469	74.10%
Cadmium, indløb	0.46	73.90%
Chrom, indløb	9.62	70.70%
Kobber, indløb	77.2	73.20%
Kobber, udløb	9.33	78.30%
Kobolt, indløb	1.89	65.60%
Kobolt, udløb	1.82	65.60%
Molybdæn, indløb	6.12	73.60%
Molybdæn, udløb	4.98	75.00%
Nikkel, indløb	11.09	69.80%
Nikkel, udløb	7.18	73.40%
Tin, indløb	4.03	71.50%
Uran, indløb	1.19	66.30%
Vanadium, indløb	3.43	70.20%
Zink, indløb	286	75.20%
Zink, udløb	89.1	75.50%
<i>Aromatiske kulbrinter</i>		
Toluen, indløb	6.17	84.90%
Xylen, indløb	1.64	81.20%
<i>Blødgørere</i>		
Diethylphthalat, indløb	6.40	76.70%
<i>Chlorphenoler</i>		
2,4-dichlorphenol, indløb	0.12	67.10%
<i>Phenoler</i>		
Phenol, indløb	64.4	84.50%
Phenol, udløb	1.09	86.50%
<i>Triestre</i>		
Tributhylphosphat, indløb	2.46	88.90%
Triphenylphosphat, indløb	0.25	72.90%
Tributhylphosphat, udløb	0.36	85.20%

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

Stof	Beregnet middelværdi	Tilsvarende fraktil i fordelingen
<i>PAH-forbindelser</i>		
Benzfluranthen b+j+k, indløb	0.12	78.80%
Fluoranthen, indløb	0.13	78.60%
Fluoren, indløb	0.07	73.70%
Phenanthren, indløb	0.12	72.90%
<i>Sumpparametre</i>		
Chlor, org, AOX, indløb	75.2	73.00%
Chlor, org, AOX, udløb	35.5	73.30%
<i>Diverse</i>		
BI5, modificeret, indløb	173	63.90%
BI5, modificeret, indløb	2.99	76.30%
Detergenter kation, indløb	108	70.50%
Detergenter kation, udløb	36.2	66.50%
COD, indløb	480	56.60%
COD, udløb	41.5	71.50%
Nitrogen total, indløb	41.2	65.70%
Nitrogen total, udløb	7.78	72.30%
Phosphor total, indløb	8.78	55.40%
Phosphor total, udløb	1.38	73.50%



Figur 4-5

Oversigt over fordeling af fraktiler i fordelingen, der svarer til den beregnede middelværdi for 46 stoffer med mere end 100 målinger i datamaterialet og > 75 % heraf over detektionsgrænsen.

4.4 Sammenfatning/konklusion

På baggrund af datamaterialet er det muligt at opstille nøgletal for mange af stofferne. For en del af stofferne kan det gøres direkte, mens der for stoffer med mange målinger under detektionsgrænsen er angivet en metode til at skønne nøgletallet på trods af at det ikke kan beregnes på baggrund af de rå målinger.

Samlet set giver data ikke mulighed for at opstille typetal som funktion af de forklarende variable, som er tilgængelige via SQL-databasen med NOVA/NOVANA-stofdataene. Der er i nogle tilfælde fundet statistisk signifikante sammenhænge mellem indholdet af miljøfarlige stoffer og forskellige andre variable så som COD og tendenser til stigninger eller fald i indholdet som funktion af tiden. Sammenhængene mellem stofkoncentrationer og de forklarende variable er dog for dårlig til, at der kan opstilles tilstrækkeligt sikre korrelationsfunktioner.

5 Nøgletal for miljøfarlige stoffer

I dette kapitel præsenteres nøgletal for tungmetaller og uorganiske sporstoffer og for miljøfremmede stoffer baseret på de analyser og overvejelser, som er anført i afsnit 4.3. Det vil sige, at nøgletallene er angivet som 75 %-fraktilen af målingerne og tillige er angivet et interval, hvor første tal svarer til 65 %-fraktilen, som et rimeligt nedre bud på en middelværdi for stofferne, og andet tal svarer til 85 %-fraktilen, som tilsvarende øvre bud. Alle nøgletal og 65-85 %-fraktilintervaller er standardmæssigt angivet med to betydende cifre.

Der henvises i øvrigt til Bilag 1 for mere detaljerede oplysninger, herunder antal målinger og andel over detektionsgrænsen (DG), som nøgletallet er baseret på tillige med et antal supplerende fraktiler for stofniveauet.

Nøgletallene for enkeltstofferne er for genkendelighedens skyld opstillet i stofgrupper svarende til de stofgrupper, som er benyttet i de tidligere punktkilderapporter. I tabellerne er desuden til sammenligning angivet miljøkvalitetskrav for stofferne i vandmiljøet, som fremgår af bekendtgørelse nr. 1022/2010. Det bemærkes, at kravene først skal være overholdt ved kanten af en såkaldt blandingszone omkring udledningspunktet, altså ikke nødvendigvis i selve udløbet.

I tabellerne skal tallet "0" (nul) for et nøgletal eller 65 %- eller 85 %-fraktilen "oversættes" ved "mindre end detektionsgrænsen (DG)" for det pågældende stof. For stoffer, hvor nøgletallet er angivet til nul, er det således reelt kun muligt at angive en øvre grænse for nøgletallet pga. for høj andel af målinger under detektionsgrænsen. Et nul i den lave del af fraktilintervallet indikerer tilsvarende, at det angivne skøn for nøgletallet er temmelig usikkert.

5.1 Tungmetaller og uorganiske sporstoffer

Overordnet er gruppen tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer den gruppe, hvor der er foretaget flest målinger og hvor andel af målinger over detektionsgrænsen er størst. Dette indebærer, at sikkerheden i de beregnede nøgletal (og 65-85 %-fraktilintervallerne) er større for disse stoffer end for de fleste organiske miljøfremmede stoffer.

Tabel 5-1

Nøgletal for tungmetaller og uorganiske sporstoffer på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l) ¹	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
Antimon	2,1	1,4 - 4,2	1,5	1,0 - 2,8	113	11,3
Arsen	3,4	2,8 - 4,6	1,7	1,0 - 2,6	4,3	0,11
Barium	100	83 - 130	36	26 - 59	9,3	5,8
Bly	13	11 - 17	1,8	1,3 - 2,9	0,34	0,34
Bor	480	390 - 630	480	400 - 640	94	94
Cadmium	0,46	0,37 - 0,647	0,076	0,05 - 0,17	0,08-0,25 ³	0,2
Chrom	11	8,5 - 16	2,8	1,8 - 4,5	3,4/4,9 ²	3,4/3,4 ²
Kobber	83	65 - 110	7,9	4,8 - 14	1	1
Kobolt	2,3	1,8 - 3,0	2,1	1,8 - 2,8	0,28	0,28
Kviksølv	0,38	0,26 - 0,6	0,086	0 - 0,20	0,05	0,05
Molybdæn	6,6	4,8 - 11	5	3,6 - 8,6	67	6,7
Nikkel	13	11 - 17	7,5	5,9 - 10	2,3	0,23
Selen	1,2	0,65 - 1,9	0,54	0 - 1,1	- ⁴	- ⁴
Sølv	0,93	0,5 - 1,4	0	0 - 0	0,017	0,2
Tin	4,3	3,5 - 5,6	0,5	0 - 3,0	- ⁴	- ⁴
Uran	1,5	1,1 - 1,8	1	0,83 - 1,3	- ⁴	- ⁴
Vanadium	3,8	3,3 - 4,5	1,5	1,1 - 2,2	4,1	4,1
Zink	280	260 - 340	87	71 - 120	7,8	7,8

¹: MMK (miljøkvalitetskrav) for overfladevand. For tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer gælder generelt, at kravet vedrører den opløste fraktion, dvs. den del, der kan passere gennem et 0,45 µm filter (mens overvågningsprøverne typisk er analyseret som totalt indhold (= opløst + partikelbundet)) og nøgletallene derfor også er relateret til totalindholdet.

For de fleste stoffer er der tale om tilføjede værdier, dvs. hvad der kan tillades ud over den naturlige baggrunds-koncentration. For en række stoffer er der angivet en øvre værdi for det samlede indhold.

²: Hhv. Chrom VI og Chrom III.

³: Afhængigt af vandets hårdhed, lavest for blødt vand.

⁴: MKK ikke fastsat.

5.2 Miljøfremmede stoffer

Nøgletallene i det følgende for (organiske) miljøfremmede stoffer fra

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renselanlæg

Tabel 5-2 til Tabel 5-12 er opdelt i grupper svarende til opdelingen i de tidligere punktkilderapporter.

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

Tabel 5-2

Nøgletal for aromatiske kulbrinter på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
Benzen	0,28	0,16 - 0,63	0	0 - 0,050	10	8
Biphenyl	0,1	0,059 - 0,15	0	0 - 0,010	- ¹	- ¹
Ethylbenzen	0,26	0,16 - 0,40	0	0 - 0	20	2
M+P-xylen	0,56	0,30 - 1,2	0	0 - 0	- ¹	- ¹
Naphtalen	0,22	0,13 - 0,49	0	0 - 0	2,4	1,2
O-xylen	0,23	0,14 - 0,50	0	0 - 0	- ¹	- ¹
Toluen	3,3	2,4 - 6,4	0,18	0,10 - 0,55	74	7,4
Xylener (o-, p- og m-)	1,4	1,0 - 2,0	0,1	0 - 0,19	10	1

¹: MKK ikke fastsat.

²: Sum af alle methylerede naphthalener (mono-, di- og tri-)

Tabel 5-3

Nøgletal for phenolforbindelser på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
Bisphenol A	1,3	1 - 1,63	0,27	0,16 - 0,57	0,1	0,01
Nonylphenol(NP1EO)	2,9	2,2 - 4,2	0,057	0 - 0,13	- ¹	- ¹
Nonylphenol(NP2EO)	0,67	0,31 - 0,98	0	0 - 0,10	- ¹	- ¹
Nonylphenoler	2,2	1,4 - 2,5	0,24	0,15 - 0,33	0,3	0,3
Phenol	43	27 - 66	0,50	0,31 - 0,97	7,7	0,77

¹: MKK ikke fastsat.

Tabel 5-4

Nøgletal for halogenerede alifatiske kulbrinter på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
Chloroform	0,33	0,21 - 0,58	0,056	0,029 - 0,029	2,5	2,5
Dichlormethan	0,10	0 - 2,0	0	0 - 0	20	20
Tetrachlorethylen	0,12	0,060 - 0,22	0	0 - 0	10	10
Trichlorethylen	0,12	0,056 - 0,21	0	0 - 0	10	10

¹: MKK ikke fastsat.

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

Tabel 5-5

Nøgletal for halogenerede aromatiske kulbrinter på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
1,4-Dichlorbenzen	0,11	0,07 - 0,15	0	0 - 0	- ¹	- ¹
2,5-dichloranilin	0,050	0 - 0,12	0	0 - 0	- ¹	- ¹

¹: MKK ikke fastsat.

Tabel 5-6

Nøgletal for chlorphenoler på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
2,4,6-trichlorphenol	0,050	0,03 - 0,067	0,022	0 - 0,04	- ¹	- ¹
2,4-dichlorphenol	0,13	0,11 - 0,18	0,038	0,023 - 0,063	- ¹	- ¹
4-chlor-3-met.phenol	0,15	0,12 - 0,20	0	0 - 0	100	10
Pentachlorphenol	0,026	0 - 0,050	0	0 - 0,030	0,4	0,4

¹: MKK ikke fastsat.

Tabel 5-7

Nøgletal for polyaromatiske kulbrinter (PAH) på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
1-methylpyren	0,016	0,010 - 0,026	0	0 - 0	- ¹	- ¹
2-methylphenanthren	0,069	0,048 - 0,12	0	0 - 0,010	- ¹	- ¹
2-methylpyren	0,015	0,0030 - 0,030	0	0 - 0	- ¹	- ¹
Acenaphthen	0,040	0,021 - 0,080	0	0 - 0,0050	3,8	0,38
Acenaphthylen	0,021	0,010 - 0,062	0	0 - 0,010	1,3	0,13
Anthracen	0,037	0,029 - 0,055	0	0 - 0,010	0,1	0,1
Benz(a)anthracen	0,050	0,038 - 0,070	0	0 - 0	0,012	0,0012
Benz(a)fluoren	0,020	0,010 - 0,040	0	0 - 0	- ¹	- ¹
Benz(ghi)perylene	0,040	0,024 - 0,070	0	0 - 0	0,002 ²	0,002 ²
Benzfluranthen (b+j+k)	0,11	0,083 - 0,15	0	0 - 0,010	0,03	0,03
Benzo(e)pyren	0,058	0,041 - 0,090	0	0 - 0	0,05	0,05
Benz(a)pyren	0,052	0,040 - 0,073	0	0 - 0	- ¹	- ¹
Chrysen	0,070	0,050 - 0,089	0	0 - 0	- ¹	- ¹
Dibenzothiophen	0,010	0 - 0,038	0	0 - 0	- ¹	- ¹
Dimethylphenanthren	0,014	0 - 0,029	0	0 - 0	- ¹	- ¹

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
Fluoranthren	0,12	0,10 - 0,16	0	0 - 0,010	0,1	0,1
Fluoren	0,077	0,051 - 0,12	0	0 - 0,010	2,3	0,23
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,054	0,026 - 0,13	0	0 - 0	0,002 ²	0,002 ²
Phenanthren	0,13	0,11 - 0,16	0,010	0 - 0,015	- ¹	- ¹
Phenanthren	0,12	0,10 - 0,17	0	0 - 0,010	- ¹	- ¹
Pyren	0,054	0,026 - 0,13	0	0 - 0	- ¹	- ¹

¹: MKK ikke fastsat.

²: Sum af benz(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren.

Tabel 5-8

Nøgletal for phosphor-triester på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
TCPP	3,3	2,3 - 4,2	1,9	1,7 - 2,2	640	64
Tributylphosphat	0,59	0,40 - 1,57	0,22	0,14 - 0,34	82	8,2
Tricresylphosphat	0,051	0,027 - 0,086	0	0 - 0	- ¹	- ¹
Triphenylphosphat	0,25	0,20 - 0,32	0,044	0,034 - 0,069	0,74	0,074

¹: MKK ikke fastsat.

Tabel 5-9

Nøgletal for blødgørere (phthalater og adipater) på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
Benzylbutylphthalat	0,69	0,46 - 1,2	0	0 - 0	7,5	0,75
DEHP	29	22 - 37	2,8	1,4 - 6,0	1,3	1,3
Di(2-ethylhexyl)adipat	0,43	0,23 - 0,75	0	0 - 0	0,7	0,07
Dibutylphthalat	1,4	1,1 - 2,1	0,138	0 - 0,50	2,3	0,23
Diethylphthalat	6,2	5,1 - 7,7	0,328	0,20 - 0,63	- ¹	- ¹
Diisononylphthalat	30	23 - 36	0,37	0,19 - 0,56	- ¹	- ¹
Di-n-octylphthalat	0	0 - 0,21	0	0 - 0	- ¹	- ¹

¹: MKK ikke fastsat.

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

Tabel 5-10

Nøgletal for detergenter på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
Alkylbenzensulfonat (LAS)	1600	1200 - 2000	23	15 - 50	54	54
Kationiske detergenter, sum	120	77 - 150	42	35 - 515	- ¹	- ¹

¹: MKK ikke fastsat.

Tabel 5-11

Nøgletal for ethere på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
MTBE	0,080	0 - 0,24	0	0 - 0,027	10	10

Tabel 5-12

Nøgletal for sumparametre (AOX) på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		MKK (µg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
AOX	80	63 - 110	37	30 - 49	- ¹	- ¹

¹: MKK ikke fastsat.

Der er desuden analyseret på data for bromerede diphenylethere (PBDE), men da alle nøgletal for stofferne i denne gruppe var nul (dvs. <DG) er det valgt ikke at opstille resultatet i en tabel.

5.3 Almindelige spildevandsparametre

Der er tillige i en række målerunder på forskellige anlæg analyseret for almindelige spildevandsvariable i de udtagne prøver, der giver mulighed for at angive et nøgletal for disse variable i relation til punktkildeprogrammet for miljøfarlige stoffer. Disse er vist i nedenstående tabel (bemærk koncentrationsangivelser i **mg/l**).

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

Tabel 5-13

Nøgletal for almindelige spildevandsparametre på renseanlæg samt MKK.

Stofnavn	Indløb (mg/l)		Udløb (mg/l)		MKK (mg/l)	
	Nøgletal	65%-85% Interval	Nøgletal	65%-85% Interval	Fersk	Marin
Ammoniak+ammonium-N	37	36 - 37	0,82	0,78 - 0,91	- ¹	- ¹
Biok.iltf.,modif BI5	210	180 - 260	2,4	2,0 - 3,2	- ¹	- ¹
Biok.iltforbr., BI5	290	270 - 350	9	7,0 - 17	- ¹	- ¹
Kem.iltf. COD, total	580	510 - 690	42	38 - 50	- ¹	- ¹
Nitrogen,total	48	41 - 57	8,1	6,8 - 11	- ¹	- ¹
Phosphor, total-P	11	9,6 - 13	1,5	0,90 - 2,3	- ¹	- ¹

¹: Der fastsættes ikke MKK for almindelige spildevandsparametre.

5.4 Stofreduktioner og udledninger til vandmiljøet

For langt de fleste stoffer sker der en betydelig reduktion i spildevandskoncentrationen ved passage af et renseanlæg, primært som følge af nedbrydning (mikrobiel og/eller abiotisk) og tilbageholdelse i slamfasen (v. sorption), men for visse stoffer er der også et tab ved fordampling. Den tilbageværende mængde udledes til vandmiljøet.

Et hovedemne i denne opgave har været at opstille nøgletal for de miljøfarlige stoffer på renseanlæg, bl.a. med det formål at kunne estimere samlede udledninger til vandmiljøet fra de danske renseanlæg med udgangspunkt i de bearbejdede måleresultater fra overvågningsprogrammet for punktkilder fra 1998-2009.

Dette er forsøgt i nedenstående to tabeller for hhv. tungmetaller/uorganiske sporstoffer (Tabel 5-14) og organiske miljøfremmede stoffer (Tabel 5-15) ud fra de beregnede nøgletal (75 % fraktiltallene) og med angivelse af gennemsnitlige reduktionsfaktorer fra indløb til udløb for de behandlede måleresultater. Med dette udgangspunkt angives den samlede, årlig udledte mængde af de enkelte stoffer til det danske vandmiljø i 2008, hvor den samlede udledte spildevandsmængde androg 716 mill. m³ (jf. Punktkilderapporten 2008).

Kun de stoffer, hvor nøgletallet for udløbskoncentrationen er større end detektionsgrænsen (dvs. > 0 i ovenstående tabeller) er taget med i tabellerne idet man for alle ikke-detekterede stoffer blot vil finde en reduktionsfaktor på 100% og en udledning på 0 kg/år.

Det skal nævnes, at der ikke er tale om en rensegrad i traditionel forstand, der er defineret på baggrund af en massebalance hen over et givent anlæg over en veldefineret tidsperiode. Men de angivne reduktionsfaktorer kan benyttes som indikatorer for, hvorvidt det er stoffer, der i enten høj, mellem eller ringe grad tilbageholdes i et renseanlæg. Det kan ikke anbefales at anvende reduktionsfaktorerne til at beregne udledninger på baggrund af tilledninger til et specifikt renseanlæg.

Tabel 5-14

Gennemsnitlige reduktionsfaktorer for tungmetaller/uorganiske sporstoffer i spildevand samt årlige udledte mængder til vandmiljøet (2008).

Stof	Nøgletal, indløb (µg/l)	Nøgletal, udløb (µg/l)	Reduktionsfaktor (%)	Udledt mængde* (kg/år)
Antimon	2,1	1,5	29	1100
Arsen	3,4	1,7	50	1200
Barium	100	36	64	26000
Bly	13	1,8	86	1300
Bor	480	480	0	350000
Cadmium	0,46	0,076	83	54
Chrom	11	2,8	75	2000
Kobber	83	7,9	90	5700
Kobolt	2,3	2,1	9,7	1500
Kviksølv	0,38	0,086	77	62
Molybdæn	6,6	5,0	24	3600
Nikkel	13	7,5	43	5400
Selen	1,2	0,54	55	390
Tin	4,3	0,50	88	360
Uran	1,5	1,0	33	720
Vanadium	3,8	1,5	60	1100
Zink	280	87	69	63000

* Med udgangspunkt i den samlede spildevandsmængde i 2008; 716 mill. m³.

Tabel 5-15

Gennemsnitlige reduktionsfaktorer for organiske miljøfremmede stoffer i spildevand samt årlige udledte mængder til vandmiljøet (2008).

Stof	Nøgletal, indløb (µg/l)	Nøgletal, udløb (µg/l)	Reduktionsfaktor (%)	Udledt mængde* (kg/år)
Toluen	3,3	0,175	94,70	130
Xylen	1,35	0,1	92,59	72
Bisphenol A	1,3	0,265	79,62	190
Nonylphenol(NP1EO)	2,9	0,057	98,03	41
Nonylphenoler	2,2	0,2375	89,20	170
Phenol	43	0,5	98,84	360
Chloroform	0,3325	0,056	83,16	40
2,4,6-trichlorphenol	0,05	0,02225	55,50	16
2,4-dichlorphenol	0,13	0,038	70,77	27
Phenanthren	0,1275	0,01	92,16	7
TCPP	3,3	1,85	43,94	1300

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

Stof	Nøgletal, indløb (µg/l)	Nøgletal, udløb (µg/l)	Reduktionsfaktor (%)	Udledt mængde* (kg/år)
Tributylphosphat	0,59	0,2175	63,14	160
Triphenylphosphat	0,25	0,044	82,40	32
DEHP	28,75	2,8	90,26	2000
Dibutylphthalat	1,4	0,1375	90,18	98
Diethylphthalat	6,2	0,3275	94,72	230
Diisononylphthalat	30,25	0,37	98,78	270
Alkylbenzensulfonat (LAS)	1575	23	98,54	16000
Kationiske detergenter, sum	117,5	42	64,26	30000
AOX	80	37	53,75	26000

* Med udgangspunkt i den samlede spildevandsmængde i 2008; 716 mill. m³.

5.5 Diskussion

Nøgletallene er opstillet med udgangspunkt i et ønske om at kunne beregne de årlige udledninger fra danske renseanlæg, der for en del af de miljøfarlige stoffer udgør en væsentlig punktkilde. Der er en stor naturlig variation i koncentrationen af disse stoffer, som ikke kan forklares ud fra de indsamlede data og som sandsynligvis ikke kan forklares, fordi en stor del af variationen af natur er tilfældig. Samtidig udviser målingerne en stor skævhed, sådan at ret få målinger med meget høje koncentrationer påvirker de årlige udledninger forholdsvis kraftigt. Det bevirker, at der skal relativt meget information (i form af antal målinger og krav til udtagning og analyser af prøver mv) for at opstille gode nøgletal.

Der er fundet en række tendenser i datamaterialet, der indikerer, at nogle stoffer varierer systematisk over tid og lokalitet/reseanlægstype, og at variationen i nogen grad også kan beskrives måling for måling på grund af samvariation mellem stoffer. Disse tendenser er i det tilgængelige datamateriale dog overvejret af usikkerhed, der gør, at det kun er muligt at opstille eet samlet nøgletal for hvert enkelt stof i indløb og udløb.

Det er muligt at opstille nøgletal for 31 stoffer i indløbet og 15 stoffer i udløbet på baggrund af de direkte målinger. Ved at gøre en række antagelser om målingerne er det lykkedes at opstille nøgletal for i alt 76 stoffer i indløbet og 37 stoffer i udløbet. Det er i forrige kapitel sandsynliggjort, at disse antagelser er rimelige. For at sikre systematikken i bearbejdningen er anvendt samme metode til at beregne samtlige nøgletal. Det vil formentlig være muligt at opstille skøn over nøgletal for yderligere en række stoffer, men det har ikke været muligt inden for rammerne af nærværende projekt.

Nøgletallene er som nævnt opstillet med udgangspunkt i et ønske om at kunne estimere de årlige nationale udledninger. Den store usikkerhed og variation i tid gør, at nøgletallene ikke er velegnede til at estimere udledninger fra enkelte anlæg. Ved beregninger over korte tidsrum (f.eks. en måned) er det endvidere væsentligt at bemærke, at en sådan udledning i de fleste tilfælde vil være lavere end skønnet ud fra nøgletallene fordi antagelsen er, at koncentrationen i 75 % af tiden ligger under nøgletallet. Tilsvarende må der i nogle perioder forventes at være

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

udledninger, der er væsentligt højere end dem der skønnes på baggrund af de angivne nøgletal. Dette gælder ikke mindst fordi hver prøve er et resultat af flere delprøver.

Usikkerheden på reduktionsfaktorerne er væsentligt større end på nøgletallene på hhv. ind- og udløb. Reduktionsfaktorerne er primært angivet for at give en indikation af, hvilke stoffer der ud fra datamaterialet i almindelighed må siges at blive fjernet fra renseanlæggene. Reduktionsfaktorerne er således et væsentligt supplement til de teoretiske modeller for fjernelse, der er baseret på stoffers fysiske egenskaber såsom bionedbrydelighed, sorption mv., men må ikke forveksles med egentlige rensegrader.

6 Implikationer for overvågningsprogrammet

De gennemførte analyser og vurderinger af datamaterialet fra overvågningsprogrammerne for punktkilder under NOVA 2003 og NOVANA har, ud over udarbejdelsen af nøgletal mv., givet anledning til nogle observationer, der for forskellig måde relaterer sig til punktkildeprogrammet og de data, der er genereret gennem årene.

Nogle af disse observationer kan have betydning for, hvordan fremtidige generationer af punktkildeprogrammet bygges op og hvilke parametre, der skal medtages. Følgende observationer og synspunkter bringes hermed videre:

- Langt størsteparten af de omfattede anlæg har indtil nu som minimum været af typen MBNDK, dvs. teknologisk set avancerede anlæg. Dermed omfatter programmet også kun ganske få anlæg af mindre avanceret karakter, selv om sådanne anlæg antalmæssigt udgør en stor del af de danske renseanlæg. Dette indebærer, at der reelt er for få data for mindre avancerede anlæg til at gennemføre en analyse af typerelaterede forskelle mellem anlæggene (omvendt tegner de avancerede anlæg sig for rensningen af en stor del af den samlede spildevandsmængde).
- De afsluttede punktkildeprogrammer har ikke omfattet systematisk bestemmelse af generelle spildevandsvariable (SS, COD, BI5 mv.) som en del af prøvetagnings- og analyseprogrammet for miljøfarlige stoffer. Dermed er det for det første ikke muligt at afgøre, om en given prøve er repræsentativ for et givet anlæg eller ej, og der er ikke mulighed for at undersøge, om der findes sammenhænge mellem niveauerne af miljøfarlige stoffer i spildevandet og størrelsen af de generelle variable.
- Det er ved gennemgangen og analyserne af data konstateret, at der er stor forskel på de detektionsgrænser, der er indrapporteret for de samme stoffer. Der observeres ofte forskel på detektionsgrænserne for indløb og udløb pga. større interferensproblemer i førstnævnte, men det forekommer, at der her er en række tilfælde, hvor variationen inden for samme matrixtype er meget stor. Dette har igen betydning for de efterfølgende muligheder for at kunne behandle og fortolke de indsamlede data.
- Stofindholdet er bestemt på totalprøver, hvilket i sig selv ikke er problematisk. I den nye bekendtgørelse om miljøkvalitetskrav for vandområder mv. (Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1022 af 25.08.2010) gælder kravene for metaller og andre uorganiske sporstoffer imidlertid for de opløste fraktion, der defineres som den del, der kan passere gennem et 0.45 µm filter. Det vil i den henseende have interesse at få genereret data for både totalindhold og opløst indhold af disse stoffer fra et stort antal prøver omfattende renseanlæg af forskellige typer.

7 Overordnede konklusioner og anbefalinger

Projektets overordnede konklusioner og anbefalinger kan opsummeres i følgende punkter:

- Renseanlæggene, der er omfattet af punktkildeprogrammet, er repræsentative for en stor del af den samlede spildevandsmængde, der udledes fra danske renseanlæg, men ikke særligt repræsentative for anlæggenes antalsmæssige sammensætning (hverken ift. størrelse eller type). Dette er ændret i forslaget til fremtidigt måleprogram.
- Det er ved analysen af data i dette projekt konstateret, at forklaringsgraden (R^2) ikke er tilstrækkeligt god til, at der kan opstilles tilstrækkeligt sikre modeller for stofindholdet som funktion af anlægsstørrelse, -type eller belastningsgrad etc.
- Det er endvidere påvist, at der er en væsentlig samvariation mellem de generelle spildevandsparametre (f.eks. COD og SS) og de miljøfarlige stoffer, men det er ikke på baggrund af materialet muligt at fastslå med bestemthed, hvorvidt og hvordan en sådan samvariation kan udnyttes fremadrettet til operationelt at beskrive stoffers koncentrationsniveauer og variationer over tid og sted.
- Der er indikationer på, at der er en tidsmæssig udvikling i niveauerne af en række stoffer, men ikke af en styrke, der kan retfærdiggøre opstilling af egentlige korrelationsfunktioner.
- Det er fundet, at som følge af højreskævheden af data ligger den reelle middelværdi for mange stoffer omkring 75 %-fraktilen og ikke omkring medianen. 75 %-fraktilen er derfor benyttet som generelt udgangspunkt for opstilling af nøgletallene.
- Opstillingen af nøgletal er foretaget med udgangspunkt i et ønske om at kunne beregne de årlige udledninger fra danske renseanlæg, der for en del af de miljøfarlige stoffer udgør en væsentlig punktkilde. Der er en stor naturlig variation i koncentrationen af disse stoffer, som ikke kan forklares ud fra de indsamlede data. Samtidig udviser målingerne en stor skævhed, sådan at ret få målinger med meget høje koncentrationer påvirker de årlige udledninger forholdsvis kraftigt. Det bevirker, at der skal relativt meget information (i form af antal målinger og udtagning og analyse af prøver mv) for at opstille gode nøgletal.
- Nøgletal for i alt 76 stoffer (18 metaller og andre uorganiske sporstoffer samt 58 organiske miljøfremmede stoffer) er opstillet for indløb og udløb baseret på samtlige måledata for hvert stof uden brug af eventuelle forklarende variable. Nøgletal for 31 stoffer i indløbet og 15 stoffer i udløbet er opstillet på baggrund af de direkte målinger. Ved at gøre en række antagelser om målingerne, er det lykkedes at opstille nøgletal

for 76 stoffer i indløbet og 37 af disse i udløbet. Det er sandsynliggjort, at disse antagelser er rimelige.

- Med udgangspunkt i nøgletallene er der for de 37 stoffer, hvor nøgletal har kunnet opstilles for både indløb og udløb, beregnet overordnede, gennemsnitlige reduktionsfaktorer ved passage af et renseanlæg samt estimeret på den samlede årlige udledning af stofferne til det danske vandmiljø. Reduktionsfaktorerne må ikke forveksles med rensegrader, dvs. de kan ikke anvendes til at beregne udledninger fra enkelte anlæg.
- Datamaterialets beskaffenhed har bevirket, at det har været begrænset, hvilke analyser, der har kunnet udføres og give anvendelige resultater. Det vil efter vores vurdering være muligt at rette op på en del af dette i fremtidige generationer af punktkildeprogrammet uden væsentlige økonomiske konsekvenser, mens andet formentlig vil kunne håndteres gennem mere detaljerede analyser af de målinger, der allerede er udført. Det vil f.eks. være muligt at opstille intervaller for nøgletal for yderligere en række stoffer.

Det anbefales i næste generation af programmet at sikre:

- en større bredde i sammensætningen af anlæg mht. type og størrelse, hvis det er et ønske at få betydningen af disse faktorer belyst,
- at generelle spildevandsvariable (SS, COD m.fl.) bliver målt systematisk i prøverne
- at variationen i detektionsgrænserne bliver nedbragt (større krav til laboratorierne)
- at der måles både opløst og totalt indhold af metaller/uorg. sporstoffer i prøverne.

8 Referencer

BLST (2008). Punktkilderrapport 2008. By- og Landskabsstyrelsen.

By- og Landskabsstyrelsen (2010) i samarbejde med DMU og GEUS. Udkast til offentlig høring 2010 for "Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen 2011-2015".

DMU (2007). NOVANA - Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse 2007-2009, del 2. Faglig rapport fra DMU nr. 508, 2005.

DMU (2006). Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet. Faglig rapport fra DMU nr. 585, 2006.

DMU (2005). NOVANA - Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse - del 2. Faglig rapport fra DMU nr. 508, 2005.

Miljøstyrelsen (2000). NOVA-2003. Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet i Danmark, 1998-2003. Redegørelse nr. 1, 2000 fra Miljøstyrelsen.

R (2010). R-version x64 version 2.11.1. Downloaded September 2010 fra <http://www.r-project.org/>

Bilag 1:

Detaljerede data vedr. nøgletal og fraktiler

Tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
Antimon	136	0,74	0	0	0	0	1	1,4	2,1	4,15	4,7	7,053	110
Arsen	421	0,81	0	0	0	1,07	2,1	2,8	3,43	4,6	5,6	8,3	22,6
Barium	147	0,99	0	19,9	37	56	72	82,8	100	131	154,4	223,8	810
Bly	421	0,95	0	0	2,3	5,8	9,2	11	13	17	21	32	150
Bor	136	1,00	74	107,5	150	220	310	390	480	627,5	735	1875	4300
Cadmium	423	0,89	0	0	0	0,15	0,26	0,37	0,46	0,647	0,838	1,49	17
Chrom	423	0,97	0	1	1,9	3,4	6	8,5	11	15,7	19	28,9	110
Kobber	423	1,00	1,8	7,53	17,04	31	50	65	82,5	110	140	208	1400
Kobolt	132	0,92	0	0	0,61	0,975	1,3	1,815	2,325	2,96	3,353	5,09	9,9
Kviksølv	422	0,73	0	0	0	0	0,17	0,26	0,378	0,6	0,966	1,396	9
Molybdæn	136	0,94	0	0	1,09	2,175	3,6	4,83	6,6	10,75	14,5	20	35
Nikkel	423	0,98	0	2,3	3,2	5,4	8	10,58	13	17	21	31,9	100
Selen	136	0,43	0	0	0	0	0	0,645	1,2	1,9	2,2	2,775	11
Sølv	134	0,37	0	0	0	0	0	0,5	0,931	1,415	2,7	4,825	85,4
Thallium	136	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0,075	0,4	1,375	13
Tin	136	0,76	0	0	0	0,5	2,575	3,5	4,25	5,6	6,75	9,8	100
Uran	135	0,93	0	0	0,12	0,355	0,76	1,106	1,5	1,79	1,96	2,43	5,3
Vanadium	134	0,93	0	0	1,1	1,9	2,74	3,3	3,775	4,505	5,77	8,895	27
Zink	421	1,00	0	36	79	160	211	256	283	340	416	550	2400
Udløb													
Antimon	141	0,64	0	0	0	0	0,412	1	1,5	2,8	3,96	7,4	73
Arsen	415	0,45	0	0	0	0	0	1	1,7	2,6	3,3	4,79	201
Barium	152	0,98	0	3,365	5,364	8,95	15,5	25,83	36	59,35	80,9	130	1600
Bly	416	0,59	0	0	0	0	0,723	1,3	1,825	2,9	4,55	7,925	32,6
Bor	140	1,00	25	86,85	129	190	300	400	482,5	643	710	1940	4800
Cadmium	415	0,38	0	0	0	0	0	0,05	0,076	0,169	0,24	0,35	2,7
Chrom	421	0,65	0	0	0	0	1	1,8	2,8	4,5	6,3	10	80
Kobber	420	0,87	0	0	0	1,4	3	4,8	7,925	14	23,1	46,05	2700
Kobolt	137	0,82	0	0	0	0,7	1,3	1,8	2,1	2,82	3	3,68	50
Kviksølv	415	0,32	0	0	0	0	0	0	0,086	0,2	0,3	0,551	12
Molybdæn	141	0,84	0	0	0	1,2	2,5	3,6	5	8,6	10	16	63
Nikkel	422	0,95	0	0,605	2	3	4,3	5,9	7,475	10	14	21	380
Selen	141	0,30	0	0	0	0	0	0	0,54	1,1	1,3	3,4	37
Sølv	139	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,511	1,32	2100
Thallium	141	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,71	1,1	78
Tin	141	0,26	0	0	0	0	0	0	0,5	3	5,4	9,6	77
Uran	136	0,74	0	0	0	0	0,36	0,828	1	1,275	1,55	2,4	3,8
Vanadium	139	0,61	0	0	0	0	0,789	1,091	1,5	2,215	3,42	5,36	96
Zink	420	1,00	0	16,1	21	35	55	70,74	87,38	120	150,5	251	3500

Aromatiske kulbrinter													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
Benzen	230	0,60	0	0	0	0	0,068	0,16	0,275	0,63	1,1	2,53	51
Biphenyl	277	0,64	0	0	0	0	0,026	0,059	0,1	0,15	0,24	0,38	1,1
Dimethylnaphthalener	16	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0,075	0,105	0,125	0,17
Ethylbenzen	221	0,61	0	0	0	0	0,091	0,16	0,26	0,4	0,57	1,1	92
M+P-xylen	89	0,75	0	0	0	0,02	0,19	0,302	0,56	1,18	1,74	2,56	11
Musk xylene	56	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,3
Naphtalen	65	0,75	0	0	0	0,05	0,11	0,13	0,22	0,492	0,682	0,924	2,3
O-xylen	87	0,59	0	0	0	0	0,077	0,139	0,23	0,504	0,798	0,997	6,1
Pentachlorbenzen	138	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01
Toluen	224	0,94	0	0	0,166	0,768	1,6	2,4	3,3	6,375	14,26	27	2100
Xylen	147	0,81	0	0	0	0,15	0,55	1	1,35	2	2,84	6,13	28
Udløb													
Benzen	232	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,058	0,145	0,64
Biphenyl	278	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,03	0,4
Dimethylnaphthalener	15	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0,054	0,072	0,134	0,26
Ethylbenzen	223	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2
M+P-xylen	90	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,02	0,11
Musk xylene	58	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Naphtalen	66	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,035	0,061	0,09
O-xylen	88	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,013	0,063
Pentachlorbenzen	140	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01
Toluen	227	0,47	0	0	0	0	0	0,1	0,175	0,55	1,04	3,15	91
Xylen	146	0,29	0	0	0	0	0	0	0,1	0,19	0,415	0,748	2,7

Phenolforbindelser

Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
Bisphenol A	326	0,80	0	0	0	0,295	0,72	1	1,3	1,625	2,4	3,625	17
Nonylphenol(NP1EO)	325	0,70	0	0	0	0	1,3	2,16	2,9	4,24	5,08	9,16	100
Nonylphenol(NP2EO)	317	0,46	0	0	0	0	0	0,31	0,67	0,976	1,34	2	11
Nonylphenoler	61	0,82	0	0	0	0,5	0,85	1,4	2,2	2,5	3,6	3,9	9,4
Phenol	281	0,99	0	0,25	0,56	4	13	27	43	66	88	130	400
Udløb													
Bisphenol A	335	0,53	0	0	0	0	0,1	0,161	0,265	0,569	0,786	1,3	5,6
Nonylphenol(NP1EO)	327	0,26	0	0	0	0	0	0	0,057	0,132	0,294	1,049	9
Nonylphenol(NP2EO)	322	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,186	0,479	5,3
Nonylphenoler	62	0,42	0	0	0	0	0	0,147	0,238	0,329	0,485	0,895	2,6
Phenol	283	0,83	0	0	0	0,1	0,2	0,313	0,5	0,97	1,98	11,9	330

Halogenerede alifatiske kulbrinter													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
1,1,2-Trichlorethan	138	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,155	1,6
3-chlorpropen	222	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,1	8,7
Chloroform	260	0,68	0	0	0	0	0,125	0,21	0,333	0,581	1,01	1,4	9,5
Dichlormethan	225	0,25	0	0	0	0	0	0	0,1	2	3	8,12	91
Tetrachlorethylen	258	0,41	0	0	0	0	0	0,06	0,12	0,215	0,385	0,683	26
Trichlorethylen	256	0,39	0	0	0	0	0	0,056	0,12	0,208	0,315	0,73	3
Udløb													
1,1,2-Trichlorethan	137	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,45
3-chlorpropen	222	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,1	2
Chloroform	260	0,39	0	0	0	0	0	0,029	0,056	0,029	0,111	0,18	1,9
Dichlormethan	226	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	52
Tetrachlorethylen	258	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,59
Trichlorethylen	257	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,051	0,1	0,51

Halogenerede aromatiske kulbrinter													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
1,4-Dichlorbenzen	287	0,38	0	0	0	0	0	0,07	0,11	0,15	0,21	0,29	6
2,5-dichloranilin	274	0,28	0	0	0	0	0	0	0,05	0,121	0,34	2,335	57
Udløb													
1,4-Dichlorbenzen	288	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,035	0,1	0,18
2,5-dichloranilin	275	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,116	15

Chlorphenoler													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
2,4,6-trichlorphenol	291	0,44	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,067	0,086	0,11	0,46
2,4-dichlorphenol	193	0,80	0	0	0	0,03	0,072	0,11	0,13	0,18	0,22	0,332	0,91
4-chlor-3-met.phenol	283	0,70	0	0	0	0	0,077	0,12	0,15	0,2	0,228	0,3	0,97
Pentachlorphenol	294	0,29	0	0	0	0	0	0	0,026	0,05	0,059	0,078	0,35
Udløb													
2,4,6-trichlorphenol	292	0,28	0	0	0	0	0	0	0,022	0,041	0,05	0,062	0,23
2,4-dichlorphenol	193	0,45	0	0	0	0	0	0,023	0,038	0,063	0,093	0,12	3,3
4-chlor-3-met.phenol	284	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,1	0,88
Pentachlorphenol	297	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,045	0,05	0,24

Polyaromatiske kulbrinter (PAH)													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
1-methylpyren	339	0,38	0	0	0	0	0	0,01	0,016	0,026	0,037	0,056	0,41
2-methylphenanthren	356	0,68	0	0	0	0	0,027	0,048	0,069	0,118	0,165	0,308	1,7
2-methylpyren	283	0,35	0	0	0	0	0	0,003	0,015	0,03	0,037	0,057	0,63
Acenaphthen	348	0,47	0	0	0	0	0	0,021	0,04	0,08	0,1	0,16	0,76
Acenaphthylen	144	0,39	0	0	0	0	0	0,01	0,021	0,062	0,103	0,189	0,81
Antracen	348	0,68	0	0	0	0	0,017	0,029	0,037	0,055	0,075	0,107	0,46
Benz(a)anthracen	339	0,71	0	0	0	0	0,025	0,038	0,05	0,07	0,095	0,16	0,9
Benz(a)fluoren	335	0,38	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,04	0,066	0,133	0,52
Benz(ghi)perylene	345	0,50	0	0	0	0	0	0,024	0,04	0,07	0,096	0,158	0,59
Benzfluranthen (b+j+k)	365	0,76	0	0	0	0,01	0,055	0,083	0,11	0,15	0,216	0,31	1,9
Benzo(e)pyren	337	0,71	0	0	0	0	0,027	0,041	0,058	0,09	0,11	0,156	0,95
Benz(a)pyren	342	0,72	0	0	0	0	0,023	0,04	0,052	0,073	0,11	0,19	0,97
Chrysen	192	0,69	0	0	0	0	0,031	0,05	0,07	0,089	0,1	0,135	1
Dibenz(ah)anthracen	345	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0,013	0,028	0,052	0,55
Dibenzothiophen	143	0,29	0	0	0	0	0	0	0,01	0,038	0,053	0,077	0,44
Dimethylphenanthren	334	0,34	0	0	0	0	0	0	0,014	0,029	0,044	0,09	0,51
Fluoranthren	366	0,86	0	0	0	0,034	0,069	0,1	0,12	0,16	0,2	0,33	4,1
Fluoren	341	0,76	0	0	0	0,01	0,03	0,051	0,077	0,12	0,16	0,27	1,4
Indeno(1,2,3-cd)pyren	326	0,49	0	0	0	0	0	0,026	0,054	0,13	0,215	0,355	1,1
Phenanthren	66	0,79	0	0	0	0,04	0,086	0,11	0,128	0,16	0,185	0,2	0,44
Phenanthren	366	0,85	0	0	0	0,031	0,07	0,1	0,12	0,17	0,215	0,345	2,7
Pyren	326	0,49	0	0	0	0	0	0,026	0,054	0,13	0,215	0,355	1,1
Udløb													
1-methylpyren	342	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0,01	0,04
2-methylphenanthren	353	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,011	0,02	0,4
2-methylpyren	285	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,06
Acenaphthen	351	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,01	0,022	0,08
Acenaphthylen	145	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,019	0,19
Antracen	350	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,02	0,07
Benz(a)anthracen	343	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,09
Benz(a)fluoren	337	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,3
Benz(ghi)perylene	348	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,08
Benzfluranthen (b+j+k)	356	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,019	0,04	0,23
Benzo(e)pyren	339	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,017	0,08
Benz(a)pyren	342	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,011	0,09
Chrysen	185	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,19
Dibenz(ah)anthracen	349	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02
Dibenzothiophen	144	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,089
Dimethylphenanthren	333	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,04
Fluoranthren	362	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,019	0,04	0,24
Fluoren	344	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,029	0,08
Indeno(1,2,3-cd)pyren	348	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,019	0,15
Phenanthren	67	0,30	0	0	0	0	0	0	0,01	0,015	0,02	0,024	0,16
Phenanthren	362	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,04	0,17
Pyren	348	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,019	0,15

Phosphor-triester													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
TCPP	59	0,80	0	0	0	0,48	1,8	2,27	3,3	4,2	5,52	6,21	11
Tributylphosphat	290	0,83	0	0	0	0,092	0,27	0,4	0,59	1,565	4,61	29,55	280
Tricresylphosphat	62	0,37	0	0	0	0	0	0,027	0,051	0,086	0,173	0,363	12
Triphenylphosphat	293	0,85	0	0	0	0,048	0,13	0,2	0,25	0,32	0,378	0,494	22
Udløb													
TCPP	63	0,81	0	0	0	0,755	1,4	1,7	1,85	2,2	2,3	3,55	7,3
Tributylphosphat	294	0,86	0	0	0	0,05	0,1	0,14	0,218	0,34	0,607	1,435	260
Tricresylphosphat	63	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,023
Triphenylphosphat	295	0,57	0	0	0	0	0,023	0,034	0,044	0,069	0,088	0,12	2,3

Blødgørere													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
Benzylbutylphthalat	347	0,65	0	0	0	0	0,23	0,46	0,685	1,2	1,6	2,74	15
DEHP	62	0,98	0	0,671	1,3	5,625	14	21,65	28,75	36,55	38,9	43,95	63
Di(2-ethylhexyl)adipat	62	0,42	0	0	0	0	0	0,226	0,425	0,746	0,944	1,87	3,7
Dibutylphthalat	347	0,69	0	0	0	0	0,73	1,1	1,4	2,1	2,5	3,65	31
Diethylphthalat	339	0,91	0	0	0,198	1,4	3,8	5,07	6,2	7,73	9,02	12	34
Diisononylphthalat	62	0,85	0	0	0	7,2	15,5	22,65	30,25	35,85	40,8	50,7	84
Di-n-octylphthalat	62	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0,211	0,301	0,659	8,8
Udløb													
Benzylbutylphthalat	350	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,23	2,2
DEHP	63	0,71	0	0	0	0	0,61	1,43	2,8	5,95	10,62	15,7	27
Di(2-ethylhexyl)adipat	63	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75
Dibutylphthalat	350	0,27	0	0	0	0	0	0	0,138	0,5	0,703	1,055	2,9
Diethylphthalat	342	0,39	0	0	0	0	0	0,2	0,328	0,63	0,997	3,3	12
Diisononylphthalat	59	0,41	0	0	0	0	0	0,187	0,37	0,559	0,826	1,96	3,8
Di-n-octylphthalat	63	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,51

Detergenter													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
Alkylbenzensulfonat	62	0,85	0	0	0	74,5	965	1200	1575	1985	2390	2895	3700
Kationiske detergenter, sum	130	0,95	0	7,245	13	25,25	52,5	77,1	117,5	150	180	201	17000
Udløb													
Alkylbenzensulfonat	63	0,49	0	0	0	0	0	15	23	50,1	74,4	107,9	2200
Kationiske detergenter, sum	131	0,92	0	0	6,7	13	23	34,5	42	50,5	81	110	340

Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

Ethere													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
MTBE	62	0,29	0	0	0	0	0	0	0,08	0,244	0,279	0,466	170
Udløb													
MTBE	63	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0,027	0,134	0,824	66

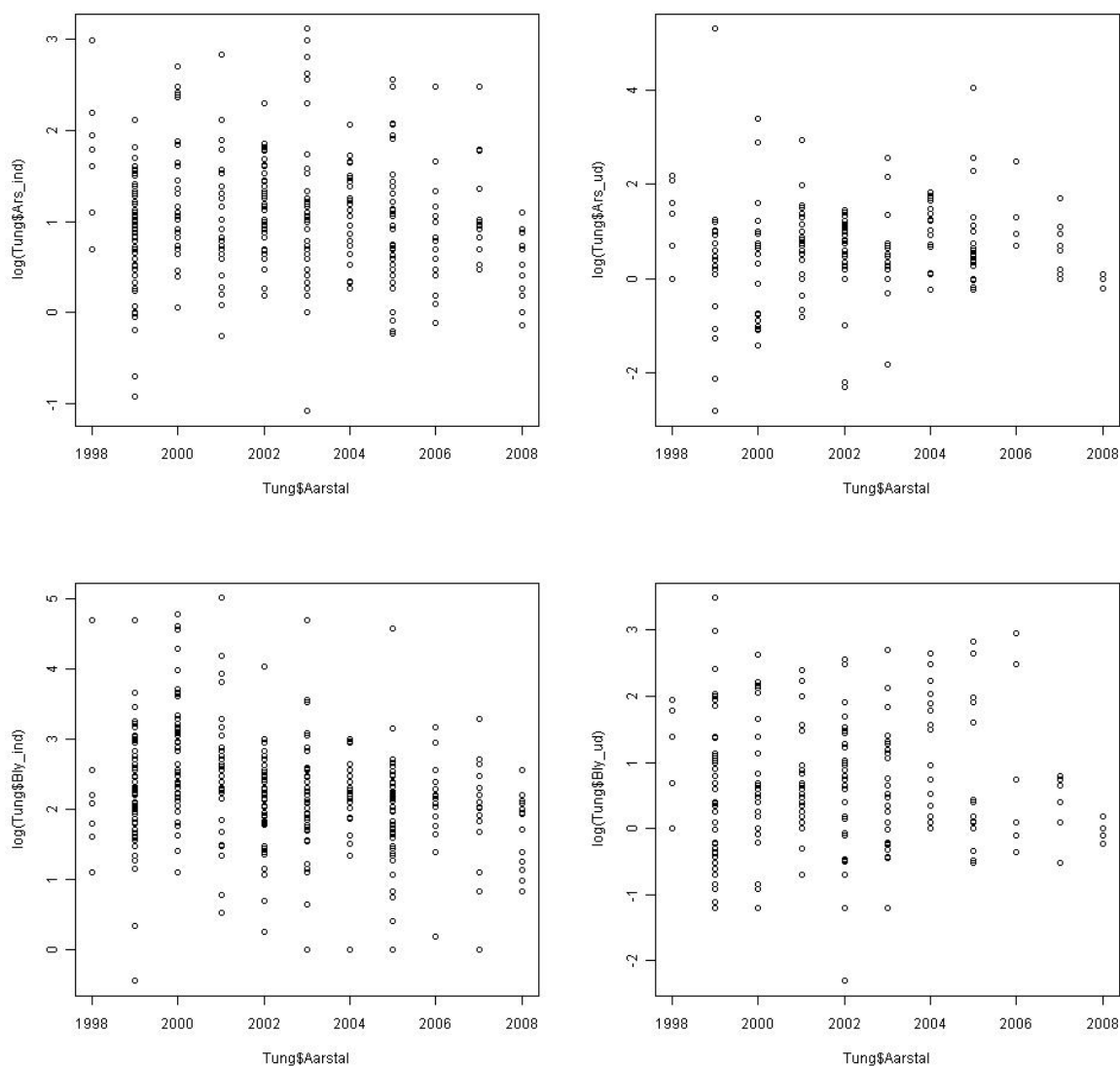
Bromerede diphenylethere													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
BDEÆ100	102	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,007	0,01
BDEÆ153	102	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,01
BDEÆ154	102	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,015
BDEÆ183	96	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,01
BDEÆ209	102	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,1	0,4
BDEÆ47	102	0,37	0	0	0	0	0	0,005	0,007	0,01	0,011	0,019	0,044
BDEÆ99	102	0,38	0	0	0	0	0	0,005	0,007	0,009	0,01	0,016	0,025
BDE Æ28	57	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,01	0,01
BDE Æ85	57	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,01	0,015
Udløb													
BDEÆ100	102	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,05
BDEÆ153	102	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,05
BDEÆ154	102	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,05
BDEÆ183	96	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,006	0,05
BDEÆ209	102	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,1	0,5
BDEÆ47	102	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,05
BDEÆ99	102	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,01	0,05
BDE Æ28	58	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,01	0,01
BDE Æ85	58	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,01	0,01

AOX													
Stofnavn	Antal data	Andel >DG	Min.	5%	10%	25%	50%	65%	75%	85%	90%	95%	Max.
Indløb													
Chlor,org,AOX	410	0,95	0	11,45	20	29,25	49	62,93	80	110	170	241	1200
Udløb													
Chlor,org,AOX	411	0,95	0	1,75	12	18	26	30	37	49	60	87	11000

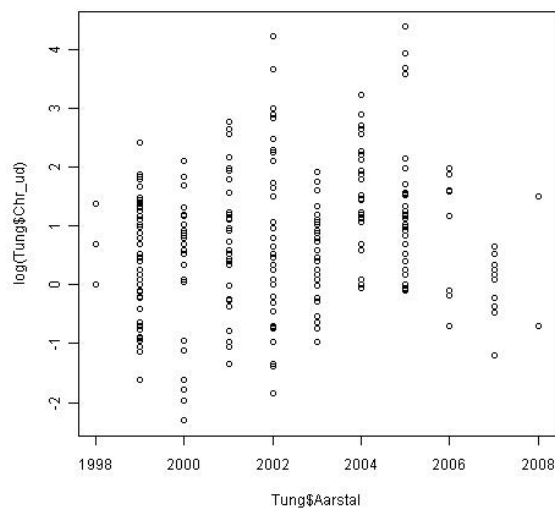
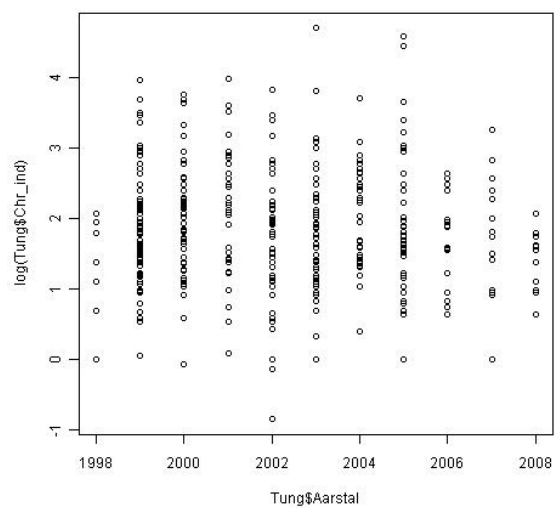
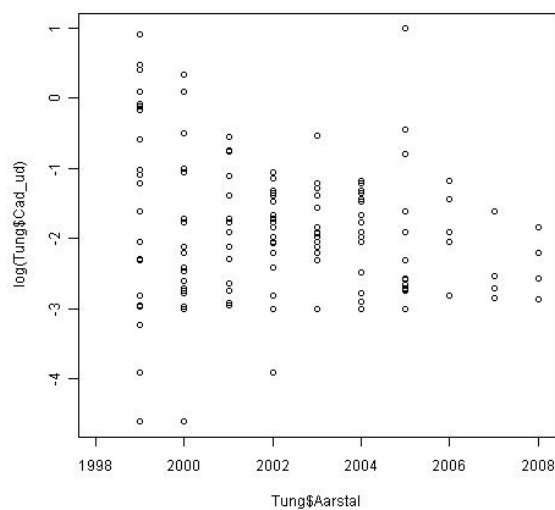
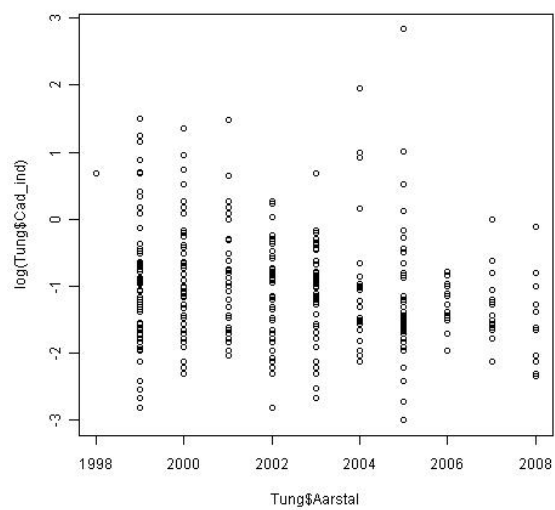
Bilag 2:

Tidsmæssig udvikling i koncentrationer af tungmetaller i indløb og udløb fra renseanlæg

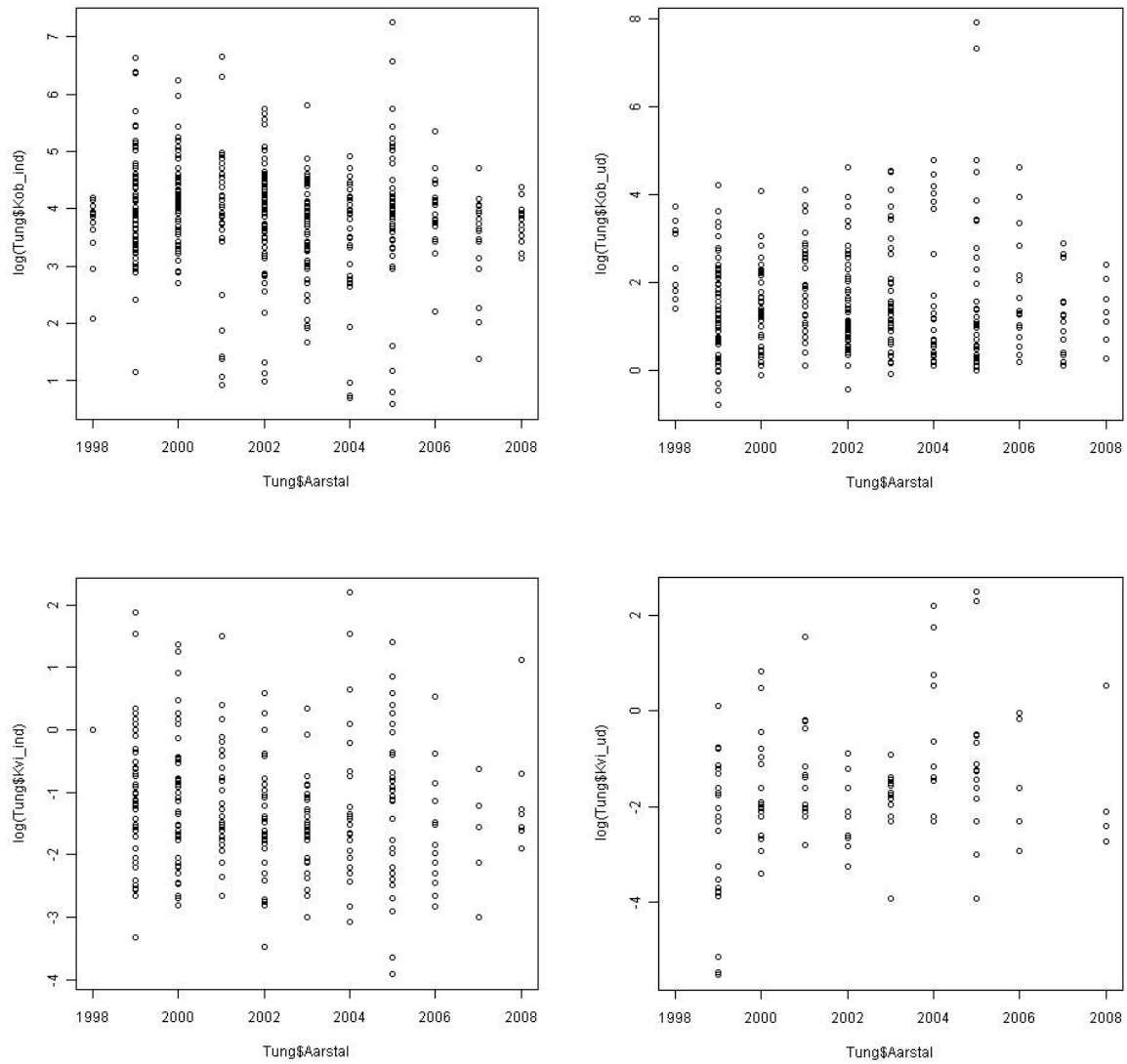
Herunder er vist den tidsmæssige udvikling i koncentrationer i hhv. indløb (venstre kolonne) og udløb (højre kolonne) fra renseanlæg for metallerne arsen, bly, cadmium, chrom, kobber, kviksølv, nikkel og zink.



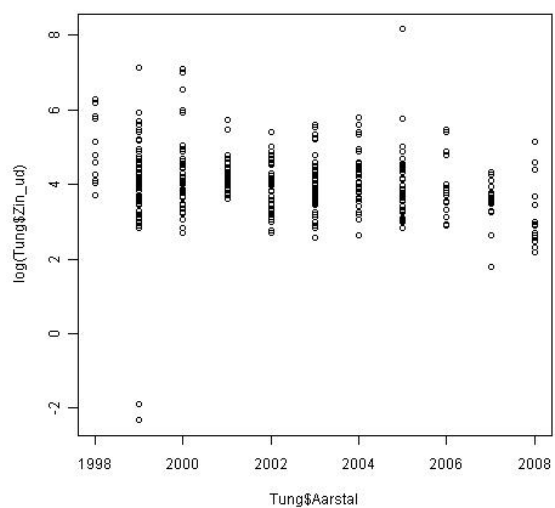
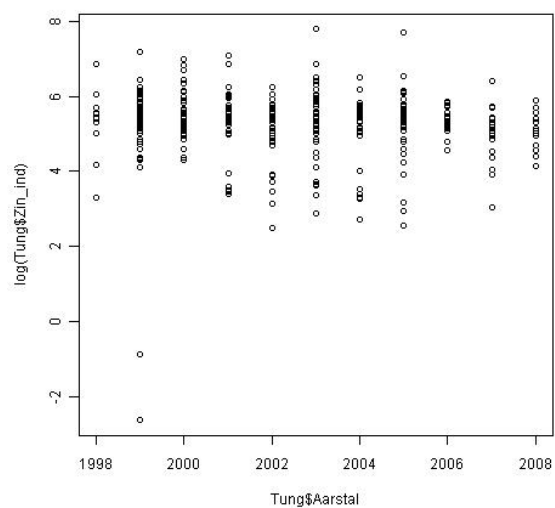
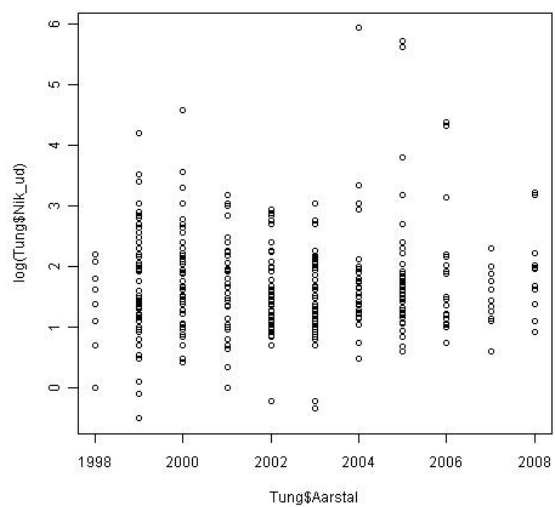
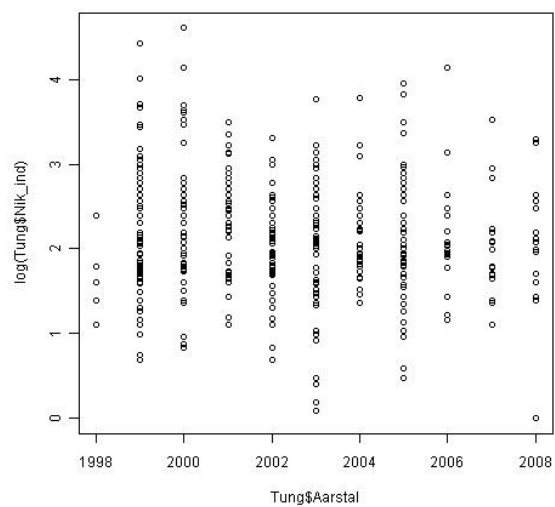
Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg



Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

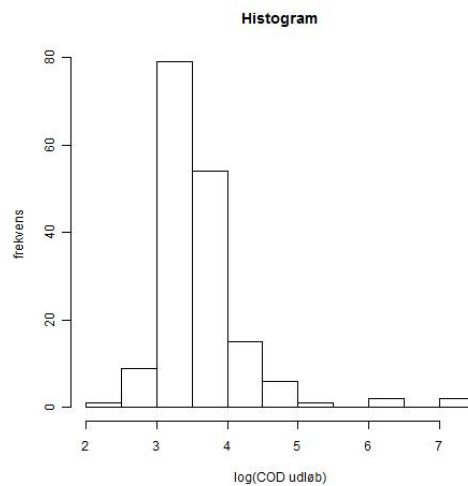
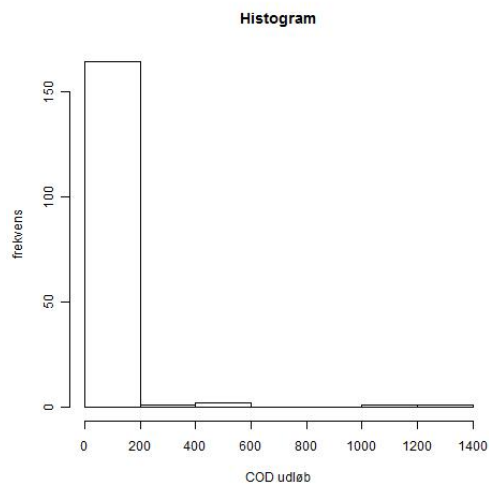
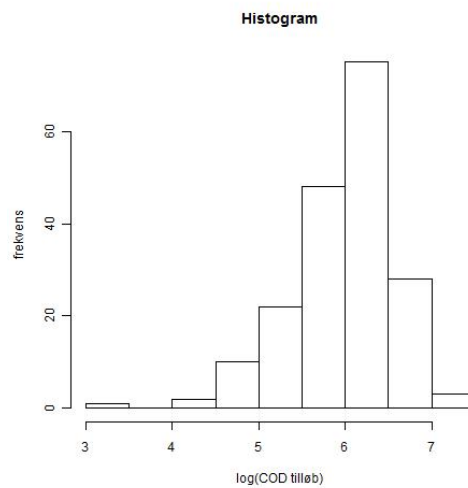
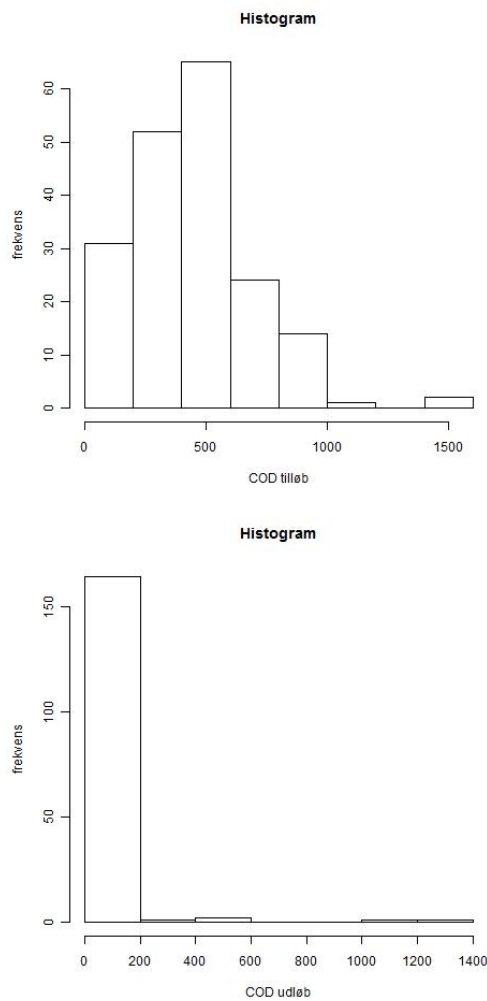


Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg

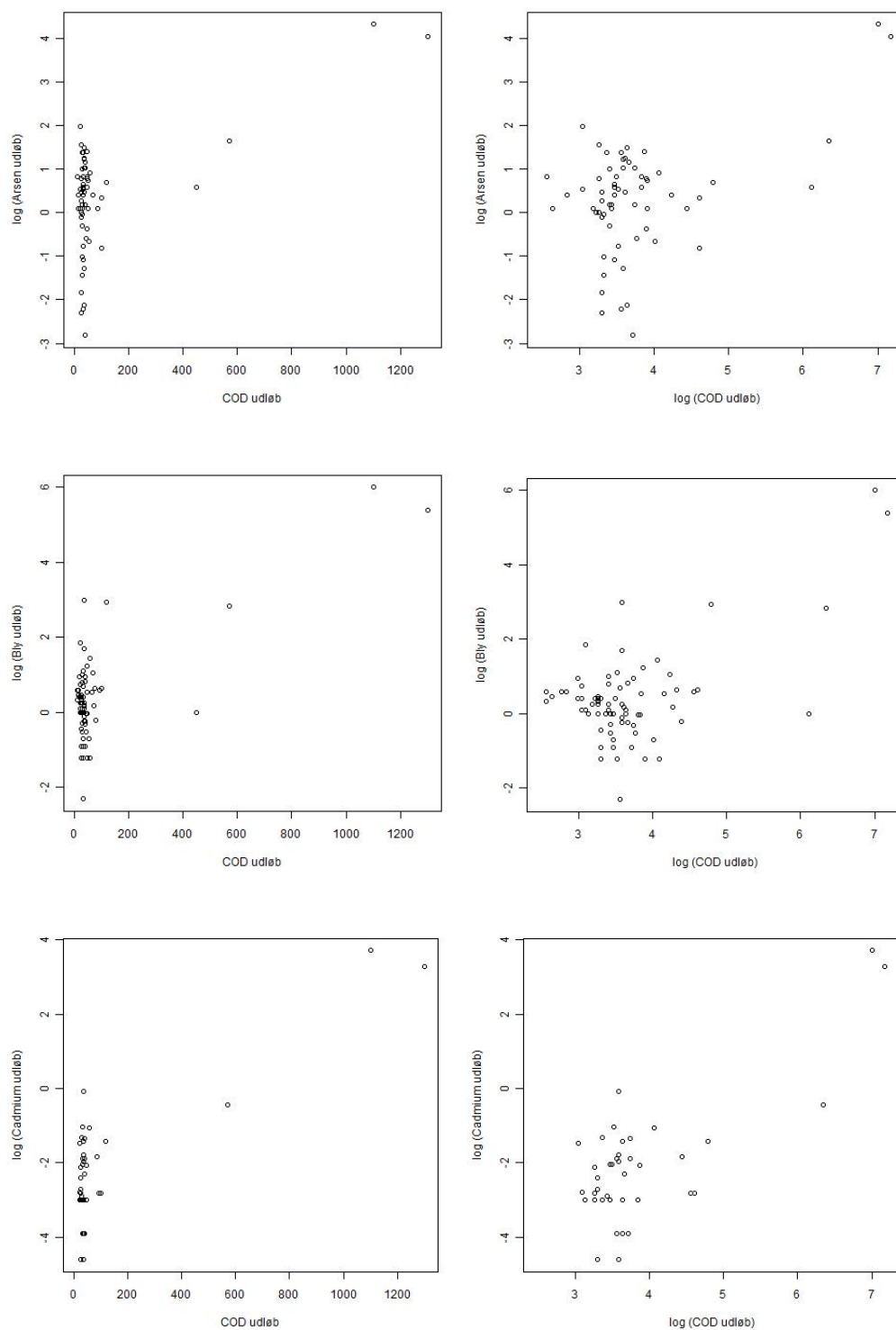


Bilag 3:

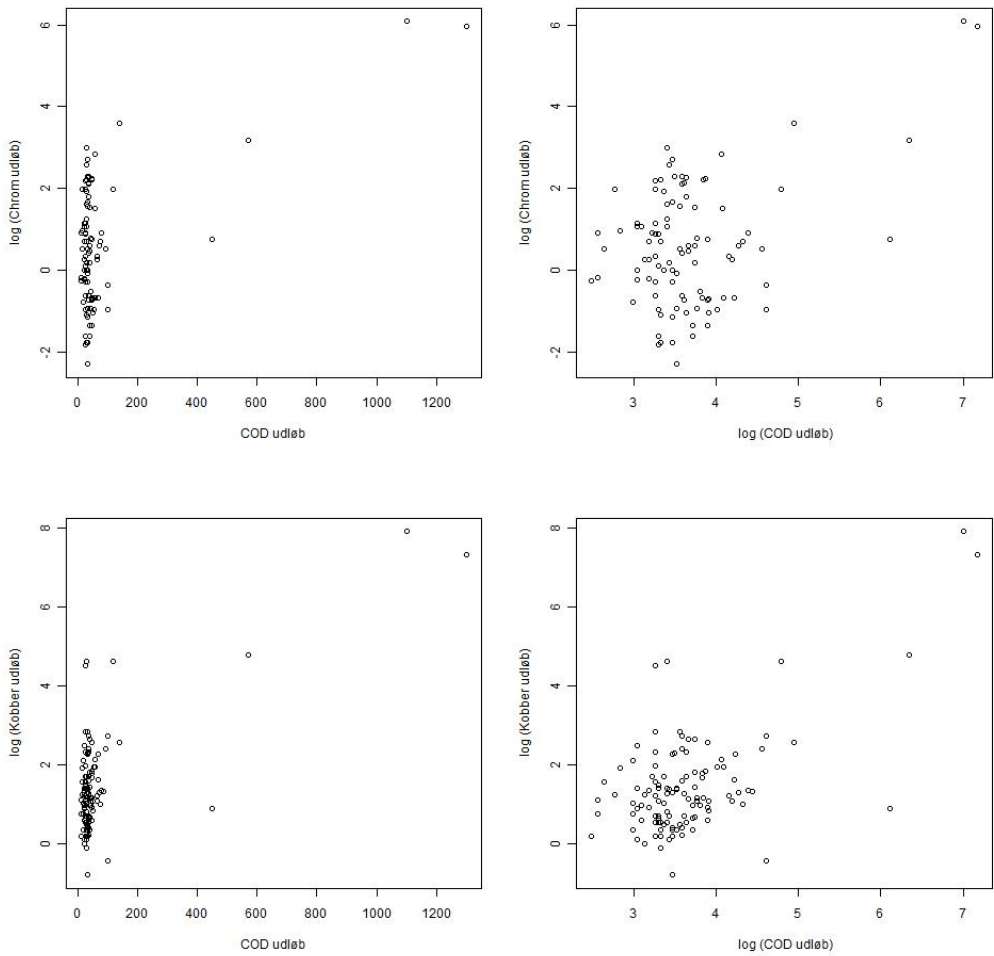
Sammenhæng mellem koncentrationer af COD og tungmetaller i udløb fra rensesanlæg



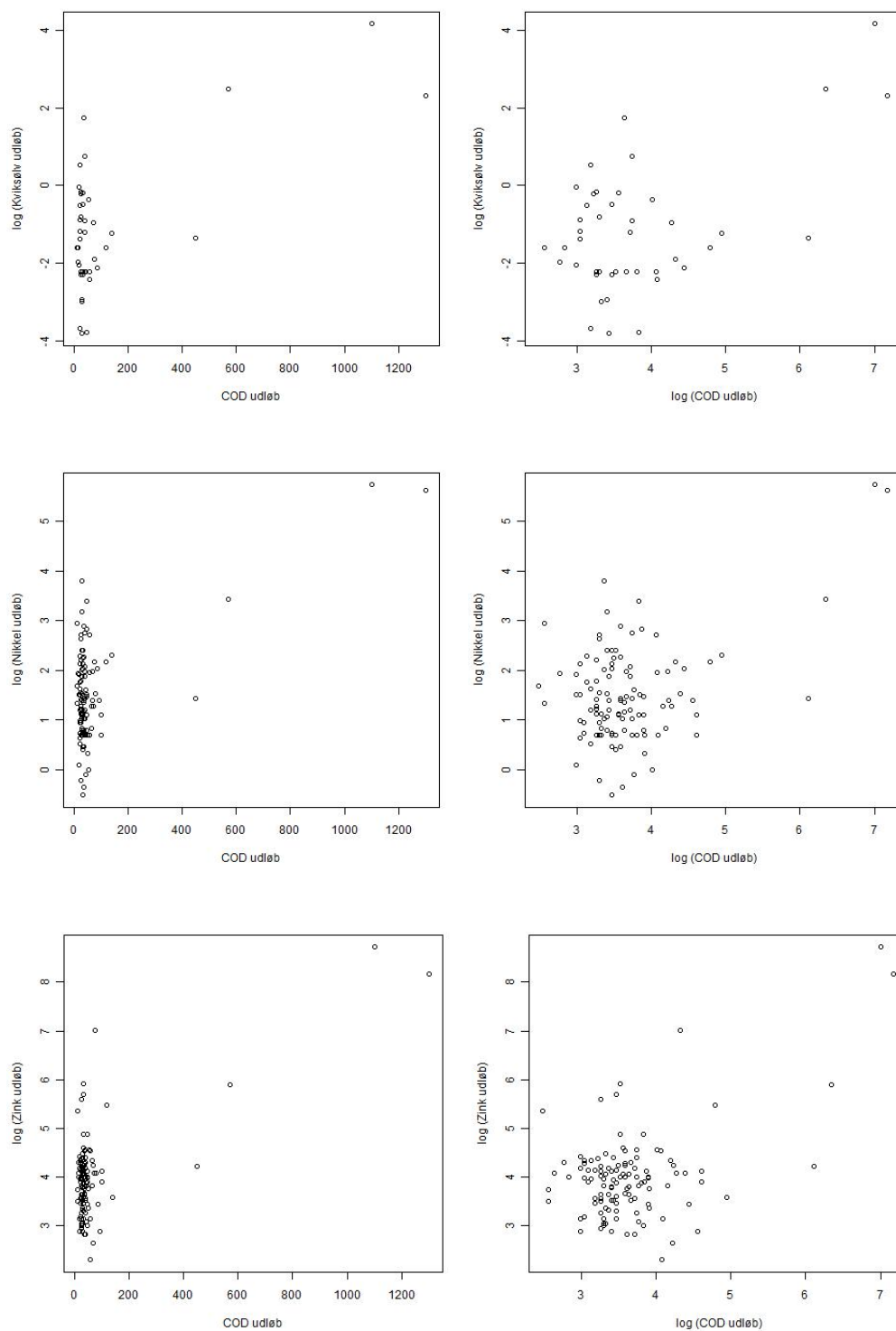
Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renselanlæg



Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg



Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renselanlæg





Naturstyrelsen Vestjylland
Holstebrovej 31
6950 Ringkøbing
www.nst.dk